

**Neurophysiologische Korrelate
der Verarbeitung von Gesichtern und emotionalen
Gesichtsausdrücken bei Gesunden und Patienten
mit schizophrenen Erkrankungen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Philosophischen Fakultät III
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Vorgelegt von
Martin Josef Herrmann
aus Uffenheim

Würzburg
2003

Erstgutachter: Professor Dr. rer. nat. Heiner Ellgring

Zweitgutachter: Privatdozent Dr. med. Andreas J. Fallgatter

Tag des Kolloquiums: 11.02.2004

Inhaltsverzeichnis

0. Überblick	15
1. Einführung in das Thema	18
1.1. Soziale und emotionale Defizite bei schizophrenen Patienten	18
1.1.1. Soziale Defizite bei schizophrenen Patienten	18
1.1.2. Konzeptuelles Modell sozialer Fähigkeiten und sozialer Kompetenz..	19
1.1.3. Emotionserkennung: Befunde bei schizophrenen Patienten	20
1.1.4. Emotionserkennung: Zusammenhang mit der kognitiven Leistung bei schizophrenen Patienten	27
1.1.5. Prozessanalyse der Emotionserkennung bei schizophrenen Patienten..	30
1.1.6. Differenzierte Diagnostik der „endogenen Psychosen“ nach Karl Leonhard	32
1.2. Gesichtsverarbeitung	35
1.2.1. Modell der Gesichtsverarbeitung von Bruce & Young	35
1.2.2. Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke bei Gesunden	37
1.3. Neurophysiologische Befunde zur Verarbeitung von Gesichtern, der Reaktion auf emotionale Gesichtsausdrücke und emotionale Reize	45
1.3.1. Gesichtsverarbeitung	45
1.3.2. Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke	47
1.3.3. Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Emotionserkennung	49
1.3.4. Elektrophysiologische Reaktion auf emotionale Stimuli	50
1.3.5. Neurophysiologische Untersuchungen bei schizophrenen Patienten im Hinblick auf die Gesichtsverarbeitung, die Emotionserkennung und die Reaktion auf emotionale Stimuli	53
2. Allgemeine Fragestellung und methodisches Vorgehen	54
3. Experimentelle Untersuchungen	56
3.1. Untersuchung 1: Ereigniskorrelierte Potentiale in Reaktion auf Gesichter und emotionale Gesichtsausdrücke – Überprüfung des Gesichterpeaks und differenzielle Reaktionen.	56
3.1.1. Einleitung	56
3.1.2. Hypothese und Fragestellungen	57
3.1.3. Methode	58
3.1.3.1. Voruntersuchung zur Auswahl geeigneter Gesichtsstimuli	58

3.1.3.2.	Stimulationsparameter und Erfassung der Erkennungsleistung...	61
3.1.3.3.	Versuchsplan	62
3.1.3.4.	Versuchspersonen	63
3.1.3.5.	EEG-Aufzeichnung und Auswertung.....	63
3.1.4.	Ergebnisse	70
3.1.4.1.	Verarbeitung von Gesichtern	70
3.1.4.2.	Unterscheidung positiver und negativer Gesichtsausdrücke.....	77
3.1.4.3.	Unterscheidung negativer Gesichtsausdrücke.....	85
3.1.5.	Diskussion und Zusammenfassung der 1. Untersuchung	87
3.2.	Untersuchung 2: Replikation der Ergebnisse der ersten Untersuchung und Überprüfung des Einflusses der emotionalen Bedeutung und der Komplexität des Stimulusmaterials.....	93
3.2.1.	Einleitung	93
3.2.2.	Hypothesen und Fragestellungen	95
3.2.3.	Methode	96
3.2.3.1.	Voruntersuchung zur Auswahl emotionaler und komplexer Bilder	96
3.2.3.1.1.	Auswahl der „Emotionalen Bilder“	96
3.2.3.1.2.	Auswahl der „Komplexen Stimuli“	98
3.2.3.2.	Stimulationsparameter und Erfassung der Leistung	100
3.2.3.3.	Versuchsplan	101
3.2.3.4.	Versuchspersonen	102
3.2.3.5.	EEG: Berechnung und Segmentierung der EKPs	102
3.2.4.	Ergebnisse	103
3.2.4.1.	Verarbeitung von Gesichtern	103
3.2.4.2.	Unterscheidung positiver und negativer Gesichtsausdrücke.....	108
3.2.4.3.	Unterscheidung negativer Gesichtsausdrücke.....	114
3.2.4.4.	Effekte der emotionalen Bedeutung der Stimuli	117
3.2.4.5.	Effekte der Schwierigkeit der Stimuli.....	121
3.2.5.	Diskussion und Zusammenfassung der 2. Untersuchung	123
3.3.	Untersuchung 3: Auswahl geeigneter Paradigmen und deren Anwendung bei Patienten aus dem schizophrenen Formenkreis.....	129
3.3.1.	Einleitung	129
3.3.2.	Auswahl der Paradigmen: Replikation der Vorbefunde an der dritten gesunden Stichprobe.....	129

3.3.2.1.	Hypothesen und Fragestellungen	131
3.3.2.2.	Methode	133
3.3.2.2.1.	Versuchspersonen	133
3.3.2.2.2.	Neurophysiologische Messungen	133
3.3.2.2.3.	EEG-Datenverarbeitung und Leistung	134
3.3.2.3.	Ergebnisse	136
3.3.2.3.1.	Verarbeitung von Gesichtern	136
3.3.2.3.2.	Unterscheidung positiver und negativer Gesichtsausdrücke .	144
3.3.2.3.3.	Effekte der emotionalen Bedeutung der Stimuli	151
3.3.2.3.4.	Dekodierung negativer Gesichtsausdrücke	157
3.3.2.4.	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung	160
3.3.3.	Vergleich schizophrener Patienten mit einer gesunden Kontrollgruppe bezüglich der Gesichtsverarbeitung und der Emotionsdekodierung..	166
3.3.3.1.	Hypothesen und Fragestellungen	166
3.3.3.2.	Methode	167
3.3.3.2.1.	Neuropsychologie	167
3.3.3.2.2.	Psychopathologische Befunderhebung	168
3.3.3.2.3.	Versuchspersonen	169
3.3.3.2.4.	Erfassung der Leistung und Segmentierung	172
3.3.3.3.	Ergebnisse	172
3.3.3.3.1.	Verarbeitung von Gesichtern	172
3.3.3.3.2.	Dekodierung negativer Gesichtsausdrücke	177
3.3.3.4.	Zusammenfassung und Diskussion des Vergleichs zwischen schizophrener Patienten und der gesunden Kontrollgruppe	182
3.3.4.	Untergruppenbetrachtung schizophrener Patienten nach dem Klassifikationssystem von Leonhard	185
3.3.4.1.	Fragestellung	185
3.3.4.2.	Methode	185
3.3.4.3.	Ergebnisse	188
3.3.4.3.1.	Neuropsychologie	188
3.3.4.3.2.	Verarbeitung von Gesichtern	189
3.3.4.3.3.	Dekodierung negativer Gesichtsausdrücke	190

3.3.4.4.	Zusammenfassung und Diskussion der Untergruppenbetrachtung schizophrener Patienten	191
3.4.	Gesamtdiskussion	195
3.4.1.	Gesichtsverarbeitung	195
3.4.2.	Emotionsdekodierung	196
3.4.3.	Gesichtsverarbeitung und Emotionsdekodierung bei schizophrenen Patienten	199
3.4.4.	Ausblick.....	203
4.	Literaturverzeichnis	205
5.	Anhang	226

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Durchschnittliche Trefferquote des verwendeten Bildmaterials für Paradigma 1, 2 und 3	60
Tabelle 2. Trefferquote des verwendeten Bildmaterials für die Paradigmata „Gesichterpeak“ und „Emotionale Gesichtsausdrücke“ (Paradigma 1 und 2) je Emotionskategorie.....	61
Tabelle 3. Trefferquote des verwendeten Bildmaterials für das Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ (Paradigma 3) je Emotionskategorie.....	61
Tabelle 4. Versuchsplan der 1. Untersuchung.....	63
Tabelle 5. Topographie der EKPs im Paradigma „Gesichterpeak“	72
Tabelle 6. Lokalisation des Gesichterpeaks	73
Tabelle 7. Emotionseffekte auf den Gesichterpeak	75
Tabelle 8. Topographische Auswertung der EKPs in Abhängigkeit des emotionalen Ausdrucks zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks (zweites Segment)	76
Tabelle 9. Emotionseffekte für den Gesichterpeak	77
Tabelle 10. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5.....	78
Tabelle 11. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 1-4.	81
Tabelle 12. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 5-8.	83
Tabelle 13. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5.....	85
Tabelle 14. Subjektive Einschätzungen der ausgewählten Emotionsbilder	98
Tabelle 15. Schwierigkeit der ausgewählten „komplexen“ Bilder.....	100
Tabelle 16. Versuchsplan der 2. Untersuchung.....	101
Tabelle 17. Topographie des Gesichterpeaks	105
Tabelle 18. Lokalisation des Gesichterpeaks in der 2. Untersuchung	107
Tabelle 19. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz.....	108
Tabelle 20. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 1-4.	111
Tabelle 21. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 5-8.	112

Tabelle 22. Emotionseffekt auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5	114
Tabelle 23. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5.....	117
Tabelle 24. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionale Bilder“ für 5 Segmente	119
Tabelle 25. Effekte der Schwierigkeit auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die zwei Segmente P3 und P4.	122
Tabelle 26. Ratings des Stimulusmaterials des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“	135
Tabelle 27. Ratings des Stimulusmaterials des Paradigmas „Emotionale Bilder“ ..	135
Tabelle 28. Amplituden (μV) und Latenzen (ms) zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks für die Bedingungen Gesichts- und Gebäudepräsentation über den Elektrodenpositionen T5 und T6.....	137
Tabelle 29. Topographische Effekte im Paradigma „Gesichterpeak" über drei Segmente bei Gesunden.....	139
Tabelle 30. Unterschiede zwischen Gesichtern und Gebäuden in der Quellenanalyse im ersten Zeitsegment.....	140
Tabelle 31. Unterschiede zwischen Gesichtern und Gebäuden in der Quellenanalyse im zweiten Zeitsegment.....	142
Tabelle 32. Unterschiede zwischen Gesichtern und Gebäuden in der Quellenanalyse im dritten Zeitsegment.....	143
Tabelle 33. Emotionseffekt für die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5	145
Tabelle 34. Emotionseffekt für die Latenzen (ms) der Einzelelektroden Fz, Cz, Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5	146
Tabelle 35. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der 3. Untersuchung bei Gesunden für die Segmente 1 bis 4.	149
Tabelle 36. Emotionseffekt für die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5	152
Tabelle 37. Emotionseffekt für die Latenzen (ms) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5	154
Tabelle 38. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionale Bilder“ für 5 Segmente der 3. Untersuchung bei Gesunden	156

Tabelle 39. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5.....	158
Tabelle 40. Stichprobenbeschreibung und kognitive Leistung.....	171
Tabelle 41. Amplituden (in μV) und Latenzen (in ms) des Gesichterpeaks über den Elektrodenpositionen T5 und T6 für schizophrene Patienten und die Kontrollgruppe	173
Tabelle 42. Topographische Effekte im Paradigma „Gesichterpeak“ über 3 Segmente der 3. Untersuchung bei Gesunden und Patienten.....	175
Tabelle 43. Zusammenhang zwischen den elektrophysiologischen Parametern der Gesichtsverarbeitung und der kognitiven Leistung	177
Tabelle 44. Amplituden (in μV) der EKPs im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ über der Elektrodenposition Pz für schizophrene Patienten und die Kontrollgruppe	178
Tabelle 45. Amplituden (in μV) im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ über der Elektrodenposition Pz für paranoide und nicht-paranoide schizophrene Patienten	180
Tabelle 46. Zusammenhang zwischen den elektrophysiologischen Parametern der Emotionsdekodierung und den demographischen Variablen, der kognitiven Leistung und der Symptomatik bei schizophrenen Patienten	181
Tabelle 47. Stichprobenbeschreibung der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten.....	187
Tabelle 48. Stichprobenbeschreibung der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten bezüglich der neuropsychologischen Testleistungen	189
Tabelle 49. N170-Komponente der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten.....	190
Tabelle 50. Amplituden im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten.....	191

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Modell der Gesichtsverarbeitung nach Bruce & Young (1986, 1998) ..	35
Abbildung 2. Internationales 10-20 System. Dargestellt ist ein schematischer Kopf von oben.....	64
Abbildung 3. Koordinatensystem zur Berechnung der Centroidlokalisationen	68
Abbildung 4. Gesichterpeak über den Einzelelektroden. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien) über 3 Einzelelektrodenpositionen (Cz, T5, T6). Die Pfeile markieren den Gesichterpeak.	70
Abbildung 5. Gesichterpeak in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien). Die vertikalen Linien geben die Segmentgrenzen wieder.	71
Abbildung 6. Gesichterpeak in LORETA. Graphische Darstellung der Z-Statistiken für die signifikanten Unterschiede zwischen Gebäude- und Gesichter-EKPs in transversalen Abbildungen. Die blaue Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung der Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.	74
Abbildung 7. Emotionseffekt auf den Gesichterpeak über den Einzelelektroden. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck über drei Einzelelektrodenpositionen (Cz, T5, T6).	75
Abbildung 8. Emotionseffekt für den Gesichterpeak über den Einzelelektroden T5 und T6. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck	77
Abbildung 9. Emotionseffekte über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	79
Abbildung 10. Dargestellt sind die positiven und negativen Feldschwerpunkte (Größe der Rechteckseiten geben die jeweilige Standardabweichung wieder) des elektrischen Feldes im dritten Segment der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck.....	82
Abbildung 11. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	84

Abbildung 12. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit Trauer, Furcht, Ärger, Überraschung und Ekel als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	86
Abbildung 13. Emotionseffekt in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit Trauer, Furcht, Ärger, Überraschung und Ekel als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	87
Abbildung 14. Beispiele für einen „einfachen“ (links) und „schwierigen“ (rechts) Stimulus.....	99
Abbildung 15. Gesichterpeak über den Einzelelektroden. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien) über 3 Einzelelektrodenpositionen (Cz, T5, T6). Die Pfeile markieren den Gesichterpeak	104
Abbildung 16. Gesichterpeak in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien). Die vertikalen Linien geben die Segmentgrenzen wieder.	106
Abbildung 17. Gesichterpeak in LORETA. Graphische Darstellung der Z-Statistiken für die stärkere Aktivierung auf Gesichter- EKPs in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die blaue Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.	107
Abbildung 18. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	109
Abbildung 19. Dargestellt sind die positiven und negativen Feldschwerpunkte des elektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck im dritten Zeitsegment.	113
Abbildung 20. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	113
Abbildung 21. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Furcht“, „Ärger“ und „Ekel“ als	

Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	115
Abbildung 22. Emotionseffekt in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit Furcht, Ärger und Ekel als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.....	116
Abbildung 23. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf positive, negative und neutrale Bilder. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	118
Abbildung 24. Emotionseffekt in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf positive, negative und neutrale Bilder. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	120
Abbildung 25. Effekte der Aufgabenschwierigkeit über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf einfach und schwierig zu bearbeitende Bilder. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	121
Abbildung 26. Komplexität in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf „einfach“ und „schwierig“ zu kategorisierende Reize. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.....	123
Abbildung 27. Verlauf der EKPs im Gesichterpeakparadigma über T5 und T6	137
Abbildung 28. Amplituden (μV) der N170 Komponente für alle Einzelpersonen auf Gesichter und Kontrollreize über den Elektrodenpositionen T5 und T6	138
Abbildung 29. Verlauf der GFP auf Gesichter und Gebäude im „Gesichterpeak“ Paradigma der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden.....	140
Abbildung 30. Graphische Darstellung der Z-Statistiken für die stärkere Aktivierung auf Gesichter- EKPs im ersten Segment in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die rote Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.	141
Abbildung 31. Graphische Darstellung der T-Statistiken für die stärkere Aktivierung auf Gesichter-EKPs im zweiten Segment in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die rote Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.	143

Abbildung 32. Graphische Darstellung der T-Statistiken für unterschiedliche Aktivierung auf Gesichter-EKPs und Kontrollbedingung im dritten Segment in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die rote Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichtsstimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli, die blaue Farbe eine geringere Aktivierung.....	144
Abbildung 33. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	147
Abbildung 34. Verlauf der GFP im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden	150
Abbildung 35. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf positive, negative und neutrale Bilder. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.....	153
Abbildung 36. Verlauf der GFP auf die emotionalen Gesichtsausdrücke Paradigma „Emotionale Bilder“ der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden.	155
Abbildung 37. Emotionsdekodierung über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs während einer passiven Betrachtungsaufgabe (neutral) sowie der aktiven Emotionsdekodierung (Furcht, Ärger, Ekel). Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.	159
Abbildung 38. Verlauf der GFP im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden	160
Abbildung 39. Verlauf der EKP im Gesichterpeakparadigma über T5 und T6 für die Kontrollgruppe und die schizophrenen Patienten	174
Abbildung 40. Differenzen der N170-Komponente (Gesichter minus Gebäude) über den Elektrodenpositionen T5 und T6 für jede Person der Kontrollgruppe (KG) und der schizophrenen Patienten (P).	174
Abbildung 41. Verlauf der EKPs im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ über Pz für die Kontrollgruppe (KG) und die schizophrenen Patienten	178

Abkürzungsverzeichnis

AU	Action-Units
BLERT	Bell-Lysaker Emotion Recognition Task
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BPRS	Brief-Psychiatric-Rating-Scale
CPT	Continuous-Performance-Test
CX	Centroid-Lokalisation in links-rechts Richtung
CY	Centroid-Lokalisation in anterior-posterior Richtung
d2	Aufmerksamkeits-Belastungs-Test
EEG	Elektroenzephalogramm
EKP	ereigniskorreliertes Potential
EMG	Elektromyogramm
FACS	Facial-Action-Coding-System
FFA	Fusiform Face Area
fMRI	funktionelle Magnet-Resonanz Bildgebung
GFP	Global Field Power
HAL	Haloperidol
IAPS	International Affective Picture System
LORETA	Low-Resolution-Electromagnetic-Tomography
MEG	Magnetenzephalographie
MWT	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest
NIRS	Nah-Infrarot-Spektroskopie
OFA	Occipital Face Area
PANSS	Positive and Negative Syndrom Scale
RIS	Risperidon
SAM	Self-Assessment-Manikin
SS	Systematische Schizophrenie
TMT	Trail-Making-Test
US	Unsystematische Schizophrenie
VP	Versuchsperson
WCST	Wisconsin-Card-Sorting-Test
ZP	Zykloide Psychose

0. Überblick

Eine für das soziale Miteinander wesentliche Fähigkeit des Menschen ist es, an der Mimik und Gestik des Mitmenschen dessen Emotionen ablesen zu können und somit den Gefühlszustand des Gegenübers zu erfassen. Diese Fähigkeit ist bei Patienten mit schizophrenen Erkrankungen eingeschränkt und wird für das oft problematische soziale Miteinander der Patienten mit verantwortlich gemacht. Die Bedeutung, die den Defiziten in der Emotionserkennung zuerkannt wird, spiegelt sich in der aktuellen Forschungsförderung wider. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) noch bis zum Jahr 2005 geförderten „Kompetenznetz Schizophrenie“ (Projektverbund II, Teilverbund 3) werden Interventionsstrategien zur Verbesserung der Emotionserkennung bei schizophrenen Patienten entwickelt und überprüft.

Ausgangspunkt für diese Arbeit war die Diskrepanz zwischen der vielfach belegten Schwierigkeit schizophrener Patienten in der Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke und dem mangelhaften Wissen über die hierfür verantwortlichen Prozesse. Als Erklärungsansätze werden zum Beispiel emotionale Störungen oder allgemeine neuropsychologische Leistungsdefizite herangezogen. Beide Aspekte würden aber im Hinblick auf mögliche Interventionsstrategien zu völlig unterschiedlichen Herangehensweisen führen. In dieser Arbeit sollte nun nicht eine letztendliche Aussage über die Ursachen der Defizite in der Emotionserkennung bei schizophrenen Patienten getroffen werden. Es sollte vielmehr versucht werden, den Prozess der Emotionserkennung genauer als bisher zu untersuchen und somit nachvollziehbar zu machen. Die Idee war, die Aktivierung des Gehirns während der Emotionsdekodierung mit Hilfe von ereigniskorrelierten Potentialen (EKP) mit einer zeitlichen Auflösung von wenigen Millisekunden zu erfassen. In der Literatur der letzten Jahre gab es einige vielversprechende Ergebnisse, die nahe legten, dass im Elektroenzephalogramm (EEG) sowohl die Verarbeitung von Gesichtern, als auch der Mimik sowie von emotionalen Bildinhalten messbar ist. Diese Arbeiten wurden jedoch weitgehend ohne Bezug auf die Defizite schizophrener Patienten durchgeführt. Da in der Literatur besonders im Hinblick auf die Verarbeitung von emotionalen Reizen, inklusive positiver und negativer emotionaler Gesichtsausdrücke, unterschiedliche Effekte beschrieben wurden, war das erste Ziel

der Arbeit, die in der Literatur vorbeschriebenen Ergebnisse bei gesunden Probanden zu replizieren.

In einer ersten Studie von 16 gesunden Personen wurde schwerpunktmäßig die Verarbeitung von Gesichtern und die Unterscheidung positiver, negativer und neutraler Gesichtsausdrücke untersucht. Die Verarbeitung von Gesichtern zeigte sich sehr deutlich in den EKPs gemäß den Vorbefunden der Literatur, die Unterscheidung mimischer Gesichtsausdrücke deutete sich in den Daten an, jedoch waren die Ergebnisse nicht eindeutig. Die zweite Studie an einer gesunden Stichprobe sollte zum einen die Effekte der Verarbeitung mimischer Gesichtsausdrücke replizieren, zum anderen den Einfluss des emotionalen Bildinhaltes und der Schwierigkeit der Stimuli auf die EEG-Effekte überprüfen. Die Ergebnisse zur Verarbeitung der mimischen Informationen konnten zum Teil repliziert werden. Des Weiteren schienen diese Effekte allgemein bei der Unterscheidung emotionaler Reize zum Tragen zu kommen und nicht von der Schwierigkeit der Stimuli abzuhängen. Die Ergebnisse der beiden EEG-Untersuchungen waren im Hinblick auf die Fragestellung ermutigend, so dass in der dritten Untersuchung das EEG von Patienten aus dem schizophrenen Formenkreis und von einer weiteren gesunden Stichprobe mit den in der zweiten Untersuchung eingeführten Paradigmen gemessen wurde. Vor einem Vergleich der Patientenstichprobe oder Untergruppen mit einer entsprechenden Auswahl gesunder Probanden sollten alle Effekte der ersten beiden Untersuchungen an der unabhängigen dritten Stichprobe verifiziert werden. Bei diesem Vorgehen zeigte sich allerdings, dass nur die Verarbeitung von Gesichtern eindeutig im EKP abgebildet werden konnte, die vorherigen Effekte des mimischen Gesichtsausdrucks oder des emotionalen Bildinhaltes der ersten beiden Untersuchungen wahrscheinlich nur statistische Artefakte und in dieser dritten Stichprobe nicht zu replizieren waren. In der dritten Untersuchung wurde ein weiteres Paradigma eingeführt, mit dem die kognitive Aktivierung während der Emotionsdekodierung im Vergleich zu einer passiven Bildbetrachtung gemessen werden konnte. Obgleich aufgrund des experimentellen Vorgehens die gemessene Aktivierung nicht für die Emotionsdekodierung spezifisch interpretierbar ist, schien es sinnvoll, auch diesen Prozess, neben der Gesichtsverarbeitung, in den Vergleich der schizophrenen Patienten und Gesunden einzubeziehen.

In einem ersten Vergleich wurden 22 Patienten, die nach dem internationalen Klassifikationssystem psychischer Störungen ICD-10 (Weltgesundheitsorganisation,

1994) als schizophren diagnostiziert waren, mit einer nach dem Alter, dem Geschlecht und dem Bildungsstatus angepassten Kontrollgruppe verglichen. In Bezug auf die Gesichtsverarbeitung deutete sich in dieser Auswertung bei schizophrenen Patienten ein Defizit in den frühen Verarbeitungsschritten von Gesichtern an. Dieses Ergebnis wurde in dieser Art noch nicht gezeigt und reiht sich ein in Studien, die sowohl strukturelle Veränderungen in den für die Gesichtsverarbeitung wesentlichen Hirnregionen bei schizophrenen Patienten zeigen konnten als auch ein allgemeines Defizit früher visueller Verarbeitung nahe legen. In der Auswertung des zweiten Paradigmas konnte für schizophrene Patienten weder in der Emotionserkennung noch in der dazugehörigen kortikalen Aktivierung Unterschiede zur gesunden Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Allerdings zeigte sich in der Bedingung, in der Gesichter mit einem neutralen Gesichtsausdruck betrachtet werden sollten, dass schizophrene Patienten und im Besonderen paranoide schizophrene Patienten eine signifikant stärkere kortikale Aktivierung als die gesunde Kontrollgruppe aufwiesen.

Der abschließende Vergleich der nach Leonhard (1991) klassifizierten Patienten mit der gesamten Kontrollgruppe fiel insgesamt betrachtet ernüchternd aus, sicherlich zum Teil bedingt durch die ungünstigen statistischen Bedingungen, wie ungleiche Gruppengrößen. Dennoch haben sich in dieser Auswertung sinnvolle Hinweise für weitere Forschungsvorhaben ergeben. Besonders Patienten, die an „Zykloiden Psychosen“ erkrankt waren, zeigten Unterschiede in der Gesichtsverarbeitung. Interessant wäre es, genau diese diagnostische Untergruppe auch im akuten Erkrankungszustand und im Verlauf der Erkrankung zu untersuchen.

1. Einführung in das Thema

1.1. Soziale und emotionale Defizite bei schizophrenen Patienten

1.1.1. Soziale Defizite bei schizophrenen Patienten

Defizite in der sozialen Anpassung stellen einen Hauptbestandteil schizophrener Erkrankungen dar, und können als relativ unabhängiger Bestandteil der Phänomenologie schizophrener Erkrankungen angesehen werden (Lenzenweger & Dworkin, 1996; Lenzenweger, Dworkin & Wethington, 1991). So zeigen schizophrene Patienten Defizite in der gesellschaftlichen und der interpersonellen Anpassung, wie zum Beispiel der Quantität und Qualität sozialer Kontakte, und allgemein Defizite in den sozialen Fähigkeiten (Wallace, 1984).

Sowohl retrospektive Studien über die soziale Anpassung von erwachsenen schizophrenen Patienten in der Kindheit (Goldberg & Schmidt, 2001), als auch Untersuchungen von high-risk Populationen (Kinder von schizophrenen Patienten; Dworkin et al., 1993; Hans, Auerbach, Asarnow, Styr & Marcus, 2000) legen nahe, dass sich die Defizite in der sozialen Anpassung schon im Jugendalter manifestieren. Die Bedeutung der sozialen Anpassung für schizophrene Erkrankungen wurde durch eine prospektive Studie über 12 Monate mit mehr als 15.000 teilnehmenden Personen bestätigt (Tien & Eaton, 1992). In dieser Untersuchung wurde das relative Risiko für die Entwicklung einer schizophrenen Erkrankung aufgrund der soziodemographischen und psychopathologischen Faktoren analysiert. Es zeigte sich unter anderem, dass der Status „unverheiratet“ und „getrennt lebend“ und das Vorhandensein einer sozialen Phobie zum Zeitpunkt der ersten Messung ein deutlich erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer schizophrenen Erkrankung zum zweiten Messzeitpunkt nach einem Jahr darstellten.

Die Bedeutung der Defizite in der sozialen Anpassung schizophrener Patienten spiegelt sich auch im weiteren Verlauf der Erkrankung wider. Die Anzahl der prämorbid bestehenden sozialen Kontakte schizophrener Patienten ist ein Prädiktor für einen positiven Zustand nach 5 Jahren (Strauss & Carpenter, 1977). Sozialer Rückzug zum Zeitpunkt der Aufnahme ist entsprechend mit einem schlechten Beschäftigungsstatus nach zwei Jahren assoziiert (Johnstone, Macmillan, Frith, Benn & Crow, 1990). In der Untersuchung von Perlick, Stastny, Mattis & Teresi (1992) wurden Patienten, die über 18 Monate stationär behandelt werden mussten

mit Patienten die nur eine ambulante Behandlung benötigten, hinsichtlich Symptomatik, neuropsychologischer Defizite und sozialer Einbindung miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass die stationär behandelten Patienten nicht nur ein deutlich stärkeres Ausmaß an schizophrenen Symptomen und neuropsychologischen Defiziten aufwiesen, sondern auch signifikant häufiger soziale Probleme mit ihren Familien hatten.

1.1.2. Konzeptuelles Modell sozialer Fähigkeiten und sozialer Kompetenz

Liberman et al. (1986) stellten für die Entwicklung von Trainingsmethoden zur Verbesserung der sozialen Kompetenz schizophrener Patienten ein Arbeitsmodell sozialer Fähigkeiten und sozialer Kompetenz auf, welches an dieser Stelle zur differenzierten Betrachtung der Befundlage in den für diese Arbeit wichtigen Strukturen kurz eingeführt werden soll.

Als zentrale Komponente werden in dem Modell „Soziale Schemata“ postuliert, die in Verbindung mit grundlegenden psychobiologischen Prozessen, wie Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Gedächtnis und mit sozial-kognitiven Prozessen, wie Perspektivenübernahme, Hypothesenbildung, schlussfolgerndes Denken, die Grundlage für die Entwicklung sozialer Fähigkeiten darstellen. Die sozialen Fähigkeiten schließen die Wahrnehmung sozialer Informationen, das soziale Problemlösen, und die Fähigkeit soziale Informationen an andere weiterzugeben, ein. In Kombination mit dem geleisteten Aufwand, mit dem eine Person ihre sozialen Fähigkeiten einsetzt, wird soziale Kompetenz als Einfluss einer Person auf bedeutsame interpersonelle Gegebenheiten definiert.

Aus diesem Modell lässt sich ableiten, dass soziale Fähigkeiten positiv mit der sozialen Kompetenz assoziiert und indirekt durch grundlegende psychobiologische und sozial-kognitive Prozesse bedingt sind. Die empirischen Daten unterstützen die grundlegenden Annahmen des Modells. So korreliert die Wahrnehmung sozialer Informationen, im Besonderen das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, mit der sozialen Kompetenz schizophrener Patienten (Ihnen, Penn, Corrigan & Martin, 1998; Mueser et al., 1996) und mit dem sozialen Verhalten auf der Krankenstation (Ihnen et al., 1998; Mueser et al., 1996; Penn, Spaulding, Reed & Sullivan, 1996). In der Untersuchung von Penn et al. (1996) wurde bei 27 stationär neuroleptisch behandelten Patienten mit schizophrenen oder schizoaffektiven Erkrankungen der Zusammenhang zwischen der Emotionserkennung, der neuropsychologischen

Leistung und dem Stationsverhalten untersucht. Je besser die Patienten Gesichtsausdrücke dekodieren konnten, desto besser wurden sie von den Krankenschwestern auf der Station in den Skalen „Soziale Kompetenz“, „Soziales Interesse“ und „Reinlichkeit“ eingestuft (Penn et al., 1996). Ebenso ergaben sich Zusammenhänge zwischen der Emotionserkennung und den kognitiven Leistungen, die später gesondert dargestellt werden.

Mit Bezug auf das Modell ist anzumerken, dass die drei Komponenten der sozialen Fähigkeiten (Wahrnehmung sozialer Informationen, soziales Problemlösen und die Fähigkeit soziale Informationen an andere weiterzugeben) des Modells nicht als voneinander unabhängige Fähigkeiten zu sehen sind. So konnten Corrigan & Toomey (1995) in einer Untersuchung zum Zusammenhang zwischen der sozialen Fähigkeit und der nicht sozialen Informationsverarbeitung zeigen, dass die drei Komponenten der sozialen Fähigkeiten eine hohe Interkorrelation von 0.66 bis 0.84 aufweisen.

1.1.3. Emotionserkennung: Befunde bei schizophrenen Patienten

Im Hinblick auf die Fragestellung dieser Untersuchung werden im Weiteren aus dem Bereich der sozialen Fähigkeiten die Untersuchungsergebnisse zur Wahrnehmung sozialer Informationen dargestellt. Der Großteil der Studien untersucht das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke, welches bei schizophrenen Patienten deutlich defizitär ist (siehe Überblicksarbeiten: Edwards, Jackson & Pattison, 2002; Hellewell & Whittaker, 1998; Mandal, Pandey & Prasad, 1998; Morrison, Bellack & Mueser, 1988; Einzeluntersuchungen: Cutting, 1981; Dougherty, Bartlett & Izard, 1974; Edwards, Pattison, Jackson & Wales, 2001; Feinberg, Rifkin, Schaffer & Walker, 1986; Mueser et al., 1996; Muzekari & Bates, 1977; Schneider, Gur, Gur & Shtasel, 1995; Shaw et al., 1999; Walker, McGuire & Bettes, 1984). Aber auch in anderen Bereichen der Wahrnehmung sozialer Informationen, wie dem Erkennen von nonverbaler visueller Information in sozialen Interaktionen (Monti & Fingeret, 1987), von Prosodie (Edwards et al., 2001; Leentjens, Wielaert, van Harskamp & Wilmink, 1998; Ross et al., 2001; Shaw et al., 1999) und der Verarbeitung sozialer Schemata (Corrigan, Garman & Nelson, 1996; Corrigan, Wallace & Green, 1992; Ito et al., 1998) zeigen schizophrene Patienten deutliche Leistungsdefizite im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen.

Zur differenzierten Betrachtung der Befundlage, werden die Ergebnisse der Untersuchungen zur defizitären Emotionsdekodierung schizophrener Patienten im

Folgenden im Hinblick auf die Bedeutung der Patientenmerkmale (wie Krankheitsstadium, Behandlungssetting, diagnostischen Unterformen der Schizophrenie, Medikation) und der Aufgabe (Stimulusmaterial, Testanforderung) zusammenfassend dargestellt.

- *Bedeutung der Aufgabenart im Hinblick auf die defizitäre Emotionserkennung schizophrener Patienten*

Defizite in der Emotionserkennung schizophrener Patienten wurden sowohl mit statischem und als auch mit dynamischem *Stimulusmaterial* von Gesichtsausdrücken beschrieben (Archer, Hay & Young, 1994; Cramer, Weegmann & O'Neil, 1989; Hellewell, Connell & Deakin, 1994; Joseph, Sturgeon & Leff, 1992; Mueser et al., 1993).

In den meisten Studien, in denen statische Abbildungen von Gesichtsausdrücken verwendet wurden, kamen Bilder aus dem Set von Ekman & Friesen (1976) zum Einsatz (Addington & Addington, 1998; Archer, Hay & Young, 1992; Borod, Martin, Alpert, Brozgold & Welkowitz, 1993; Gaebel & Woelwer, 1992; Garfield, Rogoff & Steinberg, 1987; Kline, Smith & Ellis, 1992; Lewis & Garver, 1995; Mandal & Palchoudhury, 1989; Mueser et al., 1996; Salem, Kring & Kerr, 1996; Streit, Woelwer & Gaebel, 1997; Woelwer, Streit, Polzer & Gaebel, 1996). Die Verwendung des Sets von Ekman & Friesen bietet den Vorteil eines sorgfältig entworfenen und validierten Stimulusmaterials, aber auch die Möglichkeit, die Ergebnisse verschiedener Studien miteinander vergleichen zu können. Da statische Aufnahmen des Gesichtsausdrucks jedoch ökologisch invalide erscheinen, wurden Studien mit Videoausnahmen von dynamischer mimischer Aktivität als Stimulusmaterial durchgeführt. Allerdings mangelt es an einem einheitlichen und gut entwickelten und validierten Stimulusmaterial. In den bisherigen Untersuchungen wurden z.B. Videomitschnitte von Fernsehausstrahlungen oder gestellte Aufnahmen (Joseph et al., 1992) verwendet. Die Darstellung war auf die Mimik (Archer et al., 1994) reduziert, kombiniert mit der entsprechenden Gestik (Hellewell et al., 1994) oder einfach nicht näher beschrieben (Cramer et al., 1989; Joseph et al., 1992). Zusammenfassend hat sich auch in den Studien mit dynamischen Darstellungen mimischer Reaktionen gezeigt, dass schizophrene Patienten schlechter als gesunde Vergleichspersonen im Erkennen des emotionalen Ausdrucks sind.

In einer Arbeit (David & Cutting, 1990) wurden Zeichnungen von Gesichtern als Stimulusmaterial verwendet. Die Aufgabe bestand darin, Gesichter, bei denen eine Gesichtshälfte einen traurigen und gleichzeitig die andere Gesichtshälfte einen freudigen Gesichtsausdruck beinhaltete, als lachend oder traurig einzuschätzen. Diese Studie zeigte, dass die bei gesunden Probanden vorherrschende Dominanz der rechten Hemisphäre und somit des auf der linken Seite dargestellten Emotionsausdrucks, bei schizophrenen Patienten nicht nachgewiesen werden konnte.

Zusammenfassend sprechen die Ergebnisse der hier aufgeführten Studien dafür, dass schizophrene Patienten Defizite in der Erkennung sowohl statischer als auch dynamischer Gesichtsausdrücke aufweisen. Um die Ergebnisse dieser Arbeit besser mit den Vorbefunden vergleichen zu können, erscheint es für diese Arbeit sinnvoll, die Fotos aus dem Set von Ekman & Friesen (1976) als Stimulusmaterial zu verwenden.

Neben dem verwendeten Stimulusmaterial stellt die *Anzahl der unterschiedlichen emotionalen Kategorien*, die es zu erkennen gilt, eine wesentliche Variable der Aufgabe dar. In den Untersuchungen mit statischem Stimulusmaterial variiert die Anzahl der unterschiedlichen emotionalen Kategorien von zwei bis sieben.

In der Studie von Gessler, Cutting, Frith & Weinman (1989) konnten akut schizophrene Patienten freudige und traurige Gesichter signifikant schlechter als gesunde Personen und remittierte Patienten unterscheiden. Allerdings zeigten sich diese Defizite auch in einer weiteren Aufgabe zur Alterseinschätzung der Gesichter, die in ihrer Schwierigkeit der vorherigen Aufgabe angepasst wurde.

Heimberg, Gur, Erwin, Shtasel & Gur (1992) und Schneider et al. (1995) verwendeten neben traurigen und freudigen auch neutrale Gesichtsausdrücke. In beiden Untersuchungen wiesen die Patienten Defizite in der richtigen Zuordnung der Gesichtsausdrücke auf. Jedoch zeigten sich in beiden Arbeiten auch Defizite in einer Vergleichsaufgabe zur Alterseinschätzung der gezeigten Darsteller. Ein wesentlicher Fehler der Patienten bestand darin, bei der Präsentation der Gesichter mit einem neutralen Gesichtsausdruck häufiger einen emotionalen Ausdruck anzugeben als die gesunde Kontrollgruppe.

In den meisten publizierten Untersuchungen wurden sechs Basisemotionen (Freude, Trauer, Furcht, Ärger, Ekel und Überraschung) präsentiert (Archer et al., 1992; Gaebel & Woelwer, 1992; Mueser et al., 1996; Salem et al., 1996; Streit et al., 1997; Woelwer et al., 1996) und in einigen Studien wurde zusätzlich eine Kategorie mit neutralem Gesichtsausdruck eingefügt (Addington & Addington, 1998; Borod et al., 1993; Garfield et al., 1987; Mandal & Rai, 1987). Als Ergebnis wurde häufig ein über alle Emotionskategorien gemittelt Defizit in der Emotionserkennung schizophrenen Patienten beschrieben (Addington & Addington, 1998; Gaebel & Woelwer, 1992; Mandal & Rai, 1987; Mueser et al., 1996; Salem et al., 1996; Streit et al., 1997). Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen emotionalen Kategorien wurde nur vereinzelt durchgeführt. So beschrieben Woelwer et al. (1996), dass akut schizophrene Patienten die emotionalen Gesichtsausdrücke Freude, Überraschung, Ärger und Ekel schlechter als gesunde Probanden erkannten, sich in der richtigen Zuordnung der Gesichtsausdrücke Trauer und Furcht jedoch nicht von den Kontrollpersonen unterschieden. Im Gegensatz hierzu berichteten Borod et al. (1993), dass chronisch schizophrene Patienten den Ausdruck Freude ebenso gut wie Gesunde, allerdings negative und neutrale Gesichter schlechter als die Kontrollgruppe erkennen konnten. Neben den diagnostischen Unterschieden in den untersuchten Stichproben kann eine mangelnde Reliabilität der Ergebnisse, durch nur zwei bis drei einzuschätzende Gesichtsausdrücke je Kategorie, die verschiedenen Ergebnisse der beiden Studien erklären. In der Studie von Archer et al. (1992) wurden 10 Bilder je Emotionskategorie von einer Gruppe schizophrenen Patienten (bestehend aus Patienten, die vier Wochen bis zu einem Jahr stationär behandelt wurden) eingeschätzt. Die Autoren berichten ein über alle Kategorien bestehendes Leistungsdefizit schizophrenen Patienten, obgleich sowohl Gesunde als auch Patienten die Kategorie Freude am besten erkannten. Ein ähnliches Ergebnis wurde in der Untersuchung von Garfield et al. (1987) beschrieben, in der schizophrenen Patienten (nicht näher klassifizierte) den Emotionsausdruck Freude genauso gut, alle anderen Kategorien jedoch deutlich schlechter als gesunde Personen erkennen konnten. Je Emotionskategorie wurden 14 bis 18 Bilder präsentiert.

Zusammenfassend wurde ein Defizit in der Erkennung emotionaler Gesichtsausdrücke bei schizophrenen Patienten in Studien mit zwei bis sieben Kategorien gefunden. Der Vorteil in der Verwendung von sieben im Vergleich zu nur

zwei Kategorien liegt sicherlich in der Möglichkeit, die Defizite über die verschiedenen emotionalen Kategorien differenziert zu betrachten, jedoch nur wenn eine ausreichende Anzahl von Stimuli je Kategorie verwendet wird.

Ein weiterer methodischer Unterschied zwischen den Studien liegt im geforderten *Antwortformat*. Zu unterscheiden sind Benennungs- und Diskriminierungsaufgaben. In der Benennungsaufgabe werden verbale Antwortkategorien vorgegeben, denen der gezeigte Gesichtsausdruck zugeordnet werden muss. Bei den Diskriminierungsaufgaben werden gleichzeitig zwei Gesichtsausdrücke präsentiert, verbunden mit der Aufgabe zu entscheiden, ob beide Bilder dieselbe oder unterschiedliche Emotionen darstellen. In Studien, in denen sowohl Diskriminierungs- als auch Benennungsaufgaben durchgeführt wurden (Addington & Addington, 1998; Archer et al., 1992; Borod et al., 1993; Mandal & Rai, 1987; Salem et al., 1996; Shaw et al., 1999) schnitten schizophrene Patienten gleichermaßen in beiden Aufgaben im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe schlechter ab. Im Hinblick auf den später zu beschreibenden Zusammenhang der Emotionserkennung mit der kognitiven Leistung erscheint dies erstaunlich, da sich beide Aufgaben deutlich in den beteiligten kognitiven Prozessen unterscheiden. So müssen in der Diskriminierungsaufgabe mehrere visuelle Muster miteinander verglichen werden, in der Benennungsaufgabe muss einem visuellen Muster (Gesichtsausdruck) eine verbale Beschreibung zugeordnet werden.

Die *Darbietungszeit* der Stimuli liegt in den meisten Untersuchungen zwischen drei (Borod et al., 1993) und 15 Sekunden (Mueser et al., 1996). Da bei diesen langen Darbietungszeiten Deckeneffekte auftreten können (z.B. 100% Erkennungsrate bei der Emotion Freude in der Untersuchung von Mandal & Rai, 1987), die eine differenzierte Leistungsbetrachtung verhindern, wurde vorgeschlagen (Feinberg et al., 1986) die Darbietungsdauer der Stimuluspräsentation auf 500 ms zu reduzieren. Da sowohl in der Untersuchung von Feinberg et al. (1986) als auch in der Untersuchung von Addington & Addington (1998), die auch eine Darbietungszeit von 500 ms wählten, nur ein über alle Emotionskategorien gemittelttes Leistungsdefizit bei schizophrenen Patienten beschrieben wurde, kann der spezifische Wert dieser kurzen Darbietungszeiten, z.B. bei dem sehr einfach zu erkennenden Emotionsausdruck Freude, nicht beurteilt werden. Jedoch zeigen beide Untersuchungen, dass eine Emotionserkennung auch bei 500 ms

Präsentationsdauer möglich ist und somit auch für die in dieser Arbeit geplante EEG-Untersuchung umgesetzt werden kann.

- *Bedeutung von Patientenmerkmalen im Hinblick auf die defizitäre Emotionserkennung schizophrener Patienten*

Im Hinblick auf die Patientenmerkmale hat sich in der bisherigen Forschung wiederholt bestätigt, dass Patienten mit einer paranoiden Schizophrenie bei Aufgaben zur sozialen Informationsverarbeitung wie dem Erkennen von Emotionsausdrücken (Kline et al., 1992; Lewis & Garver, 1995) oder generell dem Erkennen von nonverbaler Information sozialer Interaktionen (Toomey, Schuldberg, Corrigan & Green, 2002) bessere Leistungen als nicht paranoide schizophrene Patienten aufweisen.

Neben diesem replizierten Befund konnte kein systematischer Zusammenhang zwischen der *Symptomatik* und der Leistung in der sozialen Informationsverarbeitung gefunden werden (Addington & Addington, 1998). Das Ausmaß der schizophrenen Symptomatik (SANS, SAPS, BPRS) ist in der Studie von Schneider et al. (1995) negativ mit der Emotionserkennung assoziiert. Im Gegensatz hierzu finden Muzekari & Bates (1977) jedoch keinen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Symptomatik und der Emotionserkennung (BPRS gesamt, ebenso kein Zusammenhang bei: Gaebel & Woelwer, 1992; Salem et al., 1996; Streit et al., 1997). Toomey et al. (2002) berichten über einen negativen Zusammenhang zwischen konzeptueller Desorganisation, jedoch nicht zwischen Positiv- und Negativ-Symptomen (der BPRS) und der sozialen Informationsverarbeitung.

In einer Untersuchung zum Einfluss der Positiv- und Negativ-Symptomatik (nach PANSS) auf die Emotionserkennung (Mandal, Jain, Haque-Nizamie, Weiss & Schneider, 1999) konnten Patienten mit Positiv-Symptomatik emotionale Gesichtsausdrücke signifikant besser erkennen als Patienten mit vornehmlich negativen Symptomen. Allerdings gaben die Autoren nicht an, welcher diagnostischen Untergruppe die Patienten angehörten, so dass dieses Ergebnis im Hinblick auf die bessere Emotionserkennung paranoider Patienten nicht eindeutig einzuordnen ist.

Sweet, Primeau, Fichtner & Lutz (1998) untersuchten den Einfluss des habituellen Emotionsausdrucks bei schizophrenen Patienten auf die Erkennungsleistung

emotionaler Videosequenzen und das emotionale Erleben, welches durch die Videosequenzen induziert wurde. Zwischen den Patienten mit geringem und normalem Emotionsausdruck konnte kein Unterschied in der Erkennungsleistung und dem emotionalen Erleben festgestellt werden.

Entgegen den negativen Befunden zum Einfluss der aktuellen Symptomatik, scheinen akut schizophrene Patienten stärkere Defizite in der Emotionserkennung als remittierte schizophrene Patienten aufzuweisen (Gessler et al., 1989; Penn et al., 2000). Im Verlauf über vier Wochen zeigt sich bei akut, nicht aber bei remittierten schizophrenen Patienten eine Verbesserung der Emotionserkennung (Woelwer et al., 1996). Im Gegensatz hierzu finden Addington & Addington (1998) bei akut psychotischen Patienten nach drei Monaten in der Remission zwar eine signifikant geringere Positiv- und Negativ-Symptomatik, jedoch keine Verbesserung in der Emotionserkennung. Allerdings bleiben auch nach Remission die Defizite in der sozialen Wahrnehmung signifikant defizitär (Corrigan & Nelson, 1998; Hellewell et al., 1994; Woelwer et al., 1996).

Die Ergebnisse legen nahe, dass eine differenzierte nosologische Unterteilung der schizophrenen Erkrankungen zu einheitlicheren Ergebnissen in Bezug auf die Defizite in der Emotionserkennung führen könnte. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit zusätzlich eine differenzierte Betrachtung der Ergebnisse für die verschiedenen Unterformen schizophrener Erkrankungen nach der Klassifikation nach Leonhard (1991) erfolgen.

In mehreren Studien wurde kein Einfluss der Dosis der *neuroleptischen Medikation* auf die Emotionserkennung gefunden (Gaebel & Woelwer, 1992; Salem et al., 1996; Schneider et al., 1995; Streit et al., 1997; Woelwer et al., 1996). In einer neueren Arbeit zur Wirkung von atypischen Neuroleptika wurde allerdings nachgewiesen, dass eine Behandlung mit dem atypischen Neuroleptikum Risperidon (RIS) über vier Wochen zu einer deutlichen Verbesserung in der Erkennungsleistung führt, die bei einer Behandlung mit dem typischen Neuroleptikum Haloperidol (HAL) nicht zu beobachten ist (Kee, Kern, Marshall & Green, 1998b). In der Auswertung dieser Untersuchung ist die Art der Medikation zu berücksichtigen, und gegebenenfalls getrennt für typische und atypische Neuroleptikabehandlung durchzuführen.

Interessanterweise ergaben sich in den bisherigen Studien keine *Geschlechtseffekte* in der Emotionserkennung (Archer et al., 1992; Mueser et al., 1996; Muzekari & Bates, 1977; Schneider et al., 1995; Walker, Marwit & Emory, 1980).

1.1.4. Emotionserkennung: Zusammenhang mit der kognitiven Leistung bei schizophrenen Patienten

Liberman et al. (1986) postulierten in ihrem konzeptionellen Modell sozialer Fähigkeiten und sozialer Kompetenz einen Zusammenhang zwischen den kognitiven Leistungsdefiziten und der sozialen Anpassung schizophrener Patienten.

In einer Zusammenfassung von 17 publizierten Studien (bis auf eine Untersuchung von 1964 sind alle im Zeitraum von 1990 bis 1995 veröffentlicht) bestätigt Green (1996) diese Annahme. Besonders die kognitive Leistung im Bereich des verbalen Gedächtnisses und der Aufmerksamkeit sind mit der sozialen Anpassung, dem sozialen Problem-Lösen und dem sozialen Fähigkeitserwerb assoziiert. Unterstützt wird diese Annahme durch die Ergebnisse einer Trainingsstudie von Mueser, Bellack, Douglas & Wade (1991), in der die Leistung im Bereich des verbalen Gedächtnisses sowohl mit den sozialen Fähigkeiten als auch mit der Verbesserung der sozialen Fertigkeiten durch das Trainingsprogramm nach einem Monat korreliert.

Unabhängig von dieser rehabilitativen Fragestellung wurde der Zusammenhang zwischen den Defiziten in der sozialen Informationsverarbeitung und der kognitiven Leistung zur Klärung der Frage untersucht, inwieweit die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten die Einschränkungen in der sozialen Informationsverarbeitung bedingen. Hinweise hierauf liefern Untersuchungen, die zeigen, dass schizophrene Patienten nicht nur in Aufgaben zur Emotionserkennung, sondern auch in Aufgaben zur Alterseinschätzung (Gessler et al., 1989; Heimberg et al., 1992; Schneider et al., 1995) oder zur Wiedererkennung von Gesichtern schlechtere Leistungen als gesunde Kontrollpersonen aufweisen (Addington & Addington, 1998; Archer et al., 1992; Borod et al., 1993; Mueser et al., 1996; Novic, Luchins & Perline, 1984; Salem et al., 1996).

Eindeutigere Hinweise auf die Bedeutung allgemeiner Leistungsdefizite bei der Emotionserkennung schizophrener Patienten könnten Untersuchungen geben, die entweder die Leistung der Kontrollaufgabe als Kovariate in die Auswertung mit einschließen, oder eine relativ schlechtere Leistung in der Emotionsaufgabe im

Vergleich zur Kontrollaufgabe über eine Interaktion in einer Varianzanalyse überprüfen. Für beide methodische Vorgehensweisen liegen widersprüchliche Befunde vor. Heimberg et al. (1992) verwendeten als Kontrollaufgabe eine Alterseinschätzung und fanden eine relativ schlechtere Leistung der schizophrenen Patienten in der Emotionserkennung im Vergleich zur Kontrollaufgabe. In verschiedenen Untersuchungen mit einer Wiedererkennungsaufgabe als Kontrollaufgabe (Gesichter) konnte allerdings keine relativ schlechtere Leistung in der Emotionsaufgabe im Vergleich zur Kontrollaufgabe nachgewiesen werden (Archer et al., 1992; Mueser et al., 1996; Salem et al., 1996).

Wurde die Leistung der Kontrollaufgabe „Wiedererkennung“ als Kovariate in die Auswertung integriert, zeigten die schizophrenen Patienten in einer Untersuchung eine schlechtere Leistung als gesunde Probanden in einer Emotionsbenennungsaufgabe (Borod et al., 1993), jedoch nicht bei einer emotionalen Diskriminierungsaufgabe (Novic et al., 1984).

Aufgrund dieser Ergebnisse ist ein Einfluss der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten schizophrener Patienten auf die Leistung in der Emotionserkennung nur schwer zu verneinen. Jedoch bleiben bei dieser Art der Kontrollaufgaben zwei Probleme bestehen. Erstens stellen Gesichter soziale Reize dar, und sind somit auch im Kontext der sozialen Informationsverarbeitung zu sehen (Penn et al., 2000). Zum zweiten bleibt unklar, welche spezifischen kognitiven Prozesse mit der Leistung in der Emotionserkennung assoziiert sind.

Beide Faktoren sprechen dafür, den Zusammenhang zwischen der Emotionserkennung und verschiedenen kognitiven Fähigkeiten zu untersuchen. Dies wurde in verschiedenen Studien der letzten Jahre durchgeführt, die im Weiteren dargestellt werden. Da die spezifischen kognitiven Anforderungen einer Emotionserkennungsaufgabe entscheidend mit der neuropsychologischen Leistung zusammenhängen, werden die spezifischen Anforderungen der Emotionserkennungsaufgabe in diesen Untersuchungen genauer dargestellt.

Bryson, Bell & Lysaker (1997) untersuchten 33 schizophren oder schizoaffektiv erkrankte Personen mit einem audiovisuellen Emotionserkennungstest (Bell-Lysaker Emotion Recognition Task [BLERT], Bell et al., 1997; zitiert nach Bryson et al.,

1997). Bei dieser Aufgabe werden sechs verschiedene Emotionen und eine neutrale Bedingung per Videoaufnahme des Gesichts und des Oberkörpers mit Sprache (10 Sekunden) dargestellt. Die Versuchspersonen (VP) werden instruiert, die Videoaufnahmen einer der Emotionskategorien (Freude, Trauer, Furcht, Ekel, Überraschung, Ärger) oder keiner Emotion zuzuordnen. Die Leistung in der Emotionserkennung korrelierte positiv mit der Leistung in der Aufgabe „Zahlenspanne“ des WAIS-R (auditives Kurzzeitgedächtnis), den verschiedenen Leistungsmaßen des Wisconsin-Card-Sorting-Tests (WCST, exekutive Kontrolle), des Continuous-Performance-Tests (CPT, Daueraufmerksamkeit), der figuralen Gedächtnisleistung des WMS-R und der Wiedererkennungsrates des Hopkins Verbal Learning Tests (verbales Gedächtnis). Jedoch konnte die kognitive Leistung als Prädiktor in einer linearen Regressionsanalyse nur 34 % der Varianz im Emotionserkennungstest BLERT aufklären.

In der Untersuchung von Kee, Kern & Green (1998a) wurde der Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistung und der Emotionserkennung getrennt für statische Bilder von Gesichtsausdrücken, für auditive Darbietung emotionaler Sprache, und für Videoaufnahmen sozialer Interaktion bei 28 schizophrenen Patienten analysiert. Zur Erfassung der kognitiven Leistungsfähigkeit wurden der SPAN (visuelles Screening, Aufmerksamkeit), der DS-CPT (Aufmerksamkeit), und der DSDT (auditives Kurzzeitgedächtnis während Ablenkung) erhoben. Besonders die Emotionserkennung von statischen Bildern (in gleicher Richtung auch die anderen Darbietungsformen) korrelierte mit der Leistung im SPAN, und somit mit der Aufmerksamkeit und dem visuellen Screening (Varianzaufklärung 49 %), jedoch nicht mit den beiden weiteren kognitiven Maßen.

In beiden eben dargestellten Untersuchungen (Bryson et al., 1997; Kee et al., 1998a) wurden die emotionalen Gesichtsausdrücke 10 Sekunden dargeboten und mussten einer von sechs emotionalen Kategorien (und neutral) zugeordnet werden (Labelingaufgabe). Addington & Addington (1998) ließen ihre Probanden (schizophrene Patienten) zusätzlich eine Diskriminierungsaufgabe durchführen, bei der zwei gleichzeitig dargebotene Gesichter bezüglich des emotionalen Gesichtsausdrucks miteinander verglichen werden mussten. Die Stimuli wurden nur für 500 ms präsentiert. Die Labelingaufgabe korrelierte in dieser Untersuchung mit

der Leistung im CPT und im SPAN, die Diskrimierungsaufgabe allerdings nur mit der Leistung im SPAN. Beide Emotionserkennungsaufgaben korrelierten nicht mit einem verbalen Gedächtnistest (REY Osterrieth memory, recall).

Die aufgeführten Studien legen nahe, dass die Leistung in Emotionserkennungsaufgaben mit allgemein kognitiver Leistung, besonders dem visuellen Screening und der Aufmerksamkeit korreliert, durch diesen Faktor jedoch nicht ausreichend aufgeklärt wird. Des Weiteren zeigte sich, dass die Aufgabenart, Diskriminierung oder Benennung, und weitere methodische Aspekte wie die Darbietungszeit der Stimuli, die gefundenen Zusammenhänge mit der kognitiven Leistung modifizieren. So wäre es möglich, dass die Leistung des verbalen Gedächtnisses nur in den Emotionsaufgaben mit langen Präsentationszeiten einen Einfluss auf die Leistung ausübt, da in diesen Aufgaben die gewählte emotionale Kategorie über die Präsentation im Gedächtnis behalten werden muss. Als Konsequenz aus diesen Befunden wird in dieser Arbeit die Leistung in den Bereichen Aufmerksamkeit und Gedächtnis gemessen.

1.1.5. Prozessanalyse der Emotionserkennung bei schizophrenen Patienten

Neben den bisher dargestellten Ergebnissen zu den verringerten Leistungen schizophrener Patienten in der Emotionserkennung, wurden in deutlich geringerem Ausmaß die beteiligten Prozesse der Emotionserkennung untersucht.

Als ersten Schritt der Emotionserkennung untersuchten Schwartz, Rosse, Johri & Deutsch (1999) die visuelle Verarbeitung der dargebotenen Gesichtsausdrücke mit Hilfe der Messung von Augensaccaden. Die Autoren nehmen an, dass die Anzahl kurzer Augensaccaden (< 50.1 ms) bei der holistischen Verarbeitung erhöht ist. Diese holistische Verarbeitung wird durch eine 180 Grad Drehung (auf dem Kopf stehend) des Bildes unterbrochen, und entsprechend verringert ist die Anzahl der kurzen Augensaccaden bei gesunden Probanden. Da schizophrene Patienten diesen Unterschied in der Anzahl der kurzen Augensaccaden zwischen aufrecht und auf dem Kopf stehenden Gesichtern nicht erkennen lassen, gehen die Autoren davon aus, dass schizophrene Patienten eine gestörte holistische Verarbeitung von Gesichtern aufweisen. Dies zeigt sich in ähnlicher Weise in der Messung des Blickverhaltens während der Analyse von Gesichtsbildern. Das Blickverhalten

schizophrener Patienten kann als eingeschränkt, mit einer geringeren Anzahl von Fixationen bei erhöhter zeitlicher Dauer und geringeren Abtastabständen zwischen den Fixationen, sowohl im Vergleich zu gesunden Probanden (Loughland, Williams & Gordon, 2002a) als auch im Vergleich zu affektiv erkrankten Patienten beschrieben werden (Loughland, Williams & Gordon, 2002b). Diese Befunde gestörter visueller Verarbeitung bei schizophrenen Patienten wurden auch unabhängig von der Emotionserkennung untersucht und beschrieben (Butler et al., 2001). Diese und die Ergebnisse der neuropsychologischen Arbeiten, die einen Zusammenhang zwischen der Leistung in Aufgaben zur frühen visuellen Verarbeitung und Emotionserkennung nachgewiesen haben (Addington & Addington, 1998; Kee et al., 1998a) deuten darauf hin, dass schizophrene Patienten schon in der strukturellen Enkodierung von Gesichtsreizen nach dem Modell von Bruce & Young (1986; 1998) Defizite aufweisen.

Als weitere Stufe im Prozess der Emotionserkennung wurde die mimische Reaktion bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke durch die Ableitung des Elektromyogramms (EMG) für die Aktivität des Musculus Zygomaticus und Musculus Corrugator bei schizophrenen Patienten untersucht. Sowohl bei gesunden Probanden als auch bei schizophrenen Patienten wurde eine stärkere Aktivität des Zygomaticus in Reaktion auf positive Gesichtsausdrücke im Vergleich zu negativen Gesichtsausdrücken, und entsprechend eine stärkere Aktivität des Corrugators auf negative Gesichtsausdrücke im Vergleich zu positiven Gesichtsausdrücken gemessen (Kring, Kerr & Earnst, 1999). Dieses Ergebnis steht im Einklang mit Ergebnissen zur Emotionsinduktion durch emotionale Filme bei schizophrenen Patienten. In diesen Untersuchungen wurde bei schizophrenen Patienten eine stärkere EMG Aktivität des Zygomaticus im Vergleich zum Corrugator bei positiver Emotionsinduktion, eine stärkere Aktivität des Corrugators im Vergleich zum Zygomaticus bei negativer Emotionsinduktion nachgewiesen (Earnst et al., 1996; Mattes, Schneider, Heimann & Birbaumer, 1995). Obgleich schizophrene Patienten generell eine verringerte emotionale Expression (Berenbaum & Oltmanns, 1992; Dworkin, Clark, Amador & Gorman, 1996; Dworkin et al., 1993; Kring & Neale, 1996) aufweisen, wenn die Mimik per Beobachtung gemessen wird, sprechen die Ergebnisse der EMG Untersuchungen dafür, dass auch schizophrene Patienten

differenziert auf positive und negative Gesichtsausdrücke und emotionale Filme mimisch reagieren.

Entsprechend führt die willentlich per Instruktion durchgeführte mimische Aktivität auch bei schizophrenen Patienten bei den emotionalen Gesichtsausdrücken Trauer, Furcht und Freude zu einer entsprechenden subjektiven emotionalen Reaktion, jedoch nicht bei Ärger und Ekel (Flack, Laird & Cavallaro, 1999a). Werden allerdings negative und positive Gesichtsausdrücke mit der Instruktion präsentiert, sich aktiv in diesen Gefühlszustand hineinzusetzen, führt das bei schizophrenen Patienten zu einer signifikant geringeren Emotionsinduktion im Selbstbericht (Schneider et al., 1995). Eine Untersuchung zur Messung der Hirnaktivierung mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) bei Gesunden kommt allerdings zu dem Schluss, dass diese Art der Emotionsinduktion Self-Monitoring Ressourcen beansprucht (Herrmann, Ehli & Fallgatter, zur Publikation angenommen). Somit könnte die verringerte Emotionsinduktion bei schizophrenen Patienten in der Studie von Schneider et al. (1995) auch durch ein Defizit der Self-Monitoring Ressourcen und weniger durch eine gestörte emotionale Reaktivität schizophrener Patienten bedingt sein.

Unabhängig hiervon findet sich kein Zusammenhang zwischen der emotionalen Expressivität, gemessen anhand einer Stimmanalyse im Interview, und der Erkennungsrate emotionaler Gesichtsausdrücke und Prosodie (Shaw et al., 1999).

Zusammenfassend konnte die Analyse verschiedener Prozesse bei der Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke, bis auf die Einschränkungen in der frühen visuellen Verarbeitung, nicht wesentlich zur Aufklärung des bei schizophrenen Patienten vielfach beschriebenen Defizits beitragen. Da dieser Ansatz dem Autor dennoch sinnvoll erscheint, wird in der vorliegenden Arbeit versucht, verschiedene Verarbeitungsschritte der Emotionserkennung getrennt zu erfassen.

1.1.6. Differenzierte Diagnostik der „endogenen Psychosen“ nach Karl Leonhard

In diesem Kapitel soll ein kurzer Überblick über das Klassifikationssystem endogener Psychosen nach Leonhard (1991) gegeben und Forschungsergebnisse hierzu berichtet werden. Das Klassifikationssystem nach Leonhard unterscheidet die endogenen Psychosen in „Schizophrenien“, „Zykloide Psychose“, „manisch-depressive Krankheiten“, in die „reine Manie und reine Melancholie“ und in die

„reinen Depressionen und die reinen Euphorien“. Für die Fragestellung dieser Arbeit sind besonders die Untergruppen der Schizophrenien, die sich weiter in die „Systematischen Schizophrenien“ (SS) und die „Unsystematischen Schizophrenien“ (US) unterteilen und die Gruppe der „Zykliden Psychosen“ (ZP) von Bedeutung.

Diese drei großen Untergruppen von Erkrankungen aus dem schizophrenen Formenkreis (US, SS, ZP) unterscheiden sich neben der Symptomatik besonders im Hinblick auf den Verlauf der Erkrankung und somit auch im Hinblick auf die Prognose. Die SS sind gekennzeichnet durch einen langsam fortschreitenden Verlauf mit schleichendem Beginn, die US sind gekennzeichnet durch einen Verlauf mit akuten Schüben und akutem Beginn, sowohl SS als auch US münden in einen Defektzustand. Im Gegensatz hierzu ist bei den ZP kein Defektzustand zu beobachten, die Erkrankung äußert sich in akuten Phasen. Die Charakteristika bezüglich des Beginns, des Verlaufs und auch der Residualsymptomatik stellen neben der spezifischen Psychopathologie diagnostische Kriterien dar, besonders für die Unterscheidung der drei Gruppen der SS, US und ZP. Neben der Unterteilung in SS, US und ZP lassen sich für jede Kategorie aufgrund der Psychopathologie Untergruppen beschreiben, die hier nur genannt werden sollen. In der Gruppe der ZP werden die „Angst-Glücks-Psychose“, die „Verwirrtheitspsychose“ und die „Motilitätspsychose“ unterschieden. In der Gruppe der US die „Affektvolle Paraphrenie“, die „Kataphasie“ und die „Periodische Katatonie“. Die SS unterteilt sich in die „Systematischen Paraphrenien“, die „Systematischen Hebephrenien“ und die „Systematischen Katatonien“, wobei sich aufgrund der klaren Symptomatologie der SS zahlreiche weitere Unterteilungen jeweils dieser drei Untergruppen beschreiben lassen. Für diese Arbeit ist besonders die Unterteilung der endogenen Psychosen in die drei Untergruppen der SS, der US und der ZP relevant, da eine differenziertere Betrachtung der Untergruppen aufgrund der zu erhebenden Anzahl von Studienteilnehmern nicht zu gewährleisten wäre. Des Weiteren hat sich die Unterteilung in SS, US und ZP in der bisherigen Forschung als sinnvoll erwiesen. Beckmann, Fritze & Lanczik (1990) konnten zeigen, dass die diagnostische Zuordnung von Patienten zu der Gruppe der ZP äußerst stabil ist. Des Weiteren zeigten sich nach vier Jahren keine Anzeichen einer Residualsymptomatik für die Patienten mit ZP. Im Vergleich mit schizophrenen Patienten (US und SS) erreichen Patienten mit ZP eine signifikant höhere Lebensqualität bei einer vergleichbaren

Erkrankungsdauer von 13 Jahren (Jabs, Pfuhlmann, Bartsch, Cetkovich-Bakmas & Stöber, 2002).

Die schon erwähnte fehlende Residual- und Defizitsymptomatik wurden bei ZP mit Hilfe ereigniskorrelierter Potentiale untersucht. Die kortikale Aktivierung während einer auditiven Aufmerksamkeitsaufgabe war nur bei schizophrenen Patienten (US, SS) deutlich verringert (Strik, Dierks, Franzek, Maurer & Beckmann, 1993), bei Patienten mit ZP jedoch deutlich erhöht im Vergleich zu gesunden Probanden (Strik, Fallgatter, Stoeber, Franzek & Beckmann, 1996). In einer Inhibitionsaufgabe, die zu einer Aktivierung frontaler kortikaler Areale führt (Fallgatter, Bartsch & Herrmann, 2002), zeigten schizophrene Patienten eine im Vergleich zu Gesunden verringerte frontale Aktivierung (Fallgatter, Bartsch, Zielasek & Herrmann, zur Publikation angenommen; Fallgatter & Müller, 2001), Patienten mit ZP jedoch eine vergleichbare Aktivierung wie Gesunde (Ehlis et al., zur Publikation eingereicht). Ähnlich findet Ringel (2001) keine Defizite in der frühen Reizverarbeitung (Sensory Gating, mit Hilfe des elektrophysiologischen P50-Paradigmas) bei Patienten mit ZP, jedoch bei Patienten mit SS und tendenziell auch bei Patienten mit US.

Im Hinblick auf neuropsychologische Defizite oder Schwächen in der Emotionserkennung liegen für Patienten, die nach Leonhard als ZP, US oder SS klassifiziert wurden, keine Befunde vor. Aufgrund der oben zitierten Studien ist aber zu erwarten, dass nur Patienten mit SS oder US eine verringerte Leistung sowohl in den neuropsychologischen Aufgaben als auch der Emotionsverarbeitung im Vergleich zu der gesunden Kontrollgruppe aufweisen.

1.2. Gesichtsverarbeitung

1.2.1. Modell der Gesichtsverarbeitung von Bruce & Young

Als theoretischer Rahmen für die Verarbeitung von Gesichtern bietet sich das Modell von Bruce & Young (1986; 1998) an. Nach den Angaben der Autoren sollte ein funktionelles Modell der Gesichtsverarbeitung dargestellt werden, welches die perzeptuellen und kognitiven Funktionen bei der Verarbeitung von Gesichtern darlegt.

In dem Modell werden funktionelle Komponenten postuliert, die unterschiedliche Informationseinheiten verarbeiten und aneinander weitergeben. In der folgenden Abbildung ist das Modell zum besseren Überblick dargestellt (in Anlehnung an Bruce & Young, 1998, S. 106).

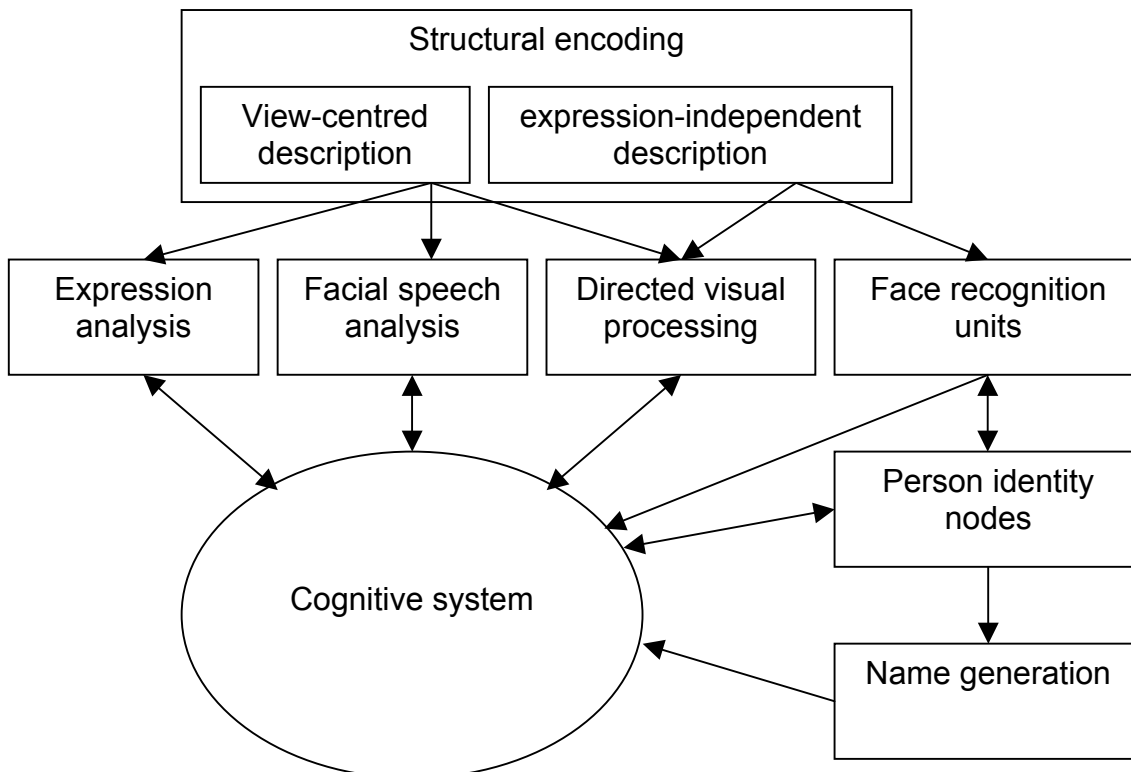


Abbildung 1. Modell der Gesichtsverarbeitung nach Bruce & Young (1986, 1998)

Im Rahmen des Modells ist der erste Schritt der Verarbeitung von Gesichtern die strukturelle Enkodierung. Der Prozess des „Structural encoding“ liefert zwei unterschiedliche Informationen des gesehenen Gesichtes, die zum einen eine von der Blickrichtung abhängende Beschreibung des Gesichtes (view-centred description) und zum anderen eine abstraktere Beschreibung globaler Eigenschaften

und Konfigurationen des Gesichtes darstellen (expression-independent description). In der ursprünglichen Darstellung des Modells wird der Prozess, dass ein Gesicht als Gesicht erkannt wird, ganz explizit aus dem Modell ausgeschlossen. Die Autoren nehmen an, dass dieser Prozess vor der strukturellen Enkodierung stattfinden muss. Dieser erste Prozess der strukturellen Enkodierung liefert die gewonnenen Informationen an vier voneinander unabhängige Teilprozesse. Die Teilprozesse dienen der Dekodierung des emotionalen Gesichtsausdrucks, der Analyse der zur Sprache gehörenden Bewegungen, der direkten visuellen Verarbeitung und dem Wiedererkennen von Gesichtern und stehen in wechselseitiger Beziehung zum allgemein kognitiven System.

Der Teilprozess des Wiedererkennens von Gesichtern („Face recognition unit“) wurde in dem Modell differenzierter als die restlichen Prozesse ausgeführt. Hierarchisch folgen nach der „Gesichtserkennungs-Einheit“ die „Einheit zur Erkennung der Identität einer Person“ und die „Einheit zur Generierung des Namens der Person“. Diese hierarchische Abfolge erklärt gut das hinlänglich bekannte Phänomen, eine gesehene Person zwar als einem bekannt zu erkennen („Einheit zur Erkennung der Identität einer Person“), ohne jedoch den Namen der Person sofort zu wissen („Einheit zur Generierung des Namens der Person“).

Zur Validierung des Modells liegen einige Untersuchungen vor, die eine Unabhängigkeit der verschiedenen Teilprozesse nahe legen. So können z.B. gesunde Personen emotionale Gesichtsausdrücke von bekannten und unbekannt Personen gleich schnell erkennen (Bruce, 1986; Young, McWeeny, Hay & Ellis, 1986). Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass für die Verarbeitung des emotionalen Ausdrucks und der Identität einer Person unabhängige Prozesse anzunehmen sind. Aufgrund neuropsychologischer Studien ergibt sich eine ähnliche Schlussfolgerung. Bei spezifischen Schädel-Hirnverletzungen anderer Lokalisationen können die Patienten den emotionalen Gesichtsausdruck eines Gesichtes gut erkennen, jedoch ist es ihnen nur schwer möglich aufgrund des Gesichtes anzugeben, ob sie die Person kennen oder nicht (Bruyer et al., 1983; Tranel, Damasio & Damasio, 1988). Entsprechend kann eine Schädel-Hirnverletzung zu einer gestörten Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke führen, jedoch ohne Schwierigkeiten eine bekannte Person zu identifizieren (Kurucz & Feldmar, 1979; Parry, Young, Saul & Moss, 1991). Erst in der neueren Darstellung (Bruce & Young, 1998) wird auch das Erkennen des Gesichtsausdrucks weiter ausgeführt, besonders unter Einbeziehung von Studien mit

neurologischen Patienten und mit bildgebenden Verfahren bei gesunden Personen. Unter anderem wurde eine Aktivierung der Amygdala während der Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke von Furcht beschrieben (Breiter et al., 1996; Morris et al., 1996). Entsprechend zeigen Patienten mit einer Schädigung der Amygdala selektiv ein Defizit die emotionalen Gesichtsausdrücke „Furcht“ und „Ärger“ zu erkennen (Adolphs, Tranel, Damasio & Damasio, 1994; Adolphs et al., 1999; Broks et al., 1998; Scott et al., 1997). Patienten, die an der neurodegenerativen autosomal dominant vererbten Huntington Erkrankung leiden, welche zuerst zu einer Schädigung der Basalganglien führt, können den Gesichtsausdruck „Ekel“ am schlechtesten erkennen (Sprengelmeyer et al., 1996).

Die Autoren (Bruce & Young, 1998) interpretieren diese Befunde dahingehend, dass für das Erkennen verschiedener emotionaler Gesichtsausdrücke unterschiedliche Hirnregionen und somit unterschiedliche Systeme verantwortlich sind. Problematisch an diesen Untersuchungen ist allerdings, dass der zeitliche Prozess der Emotionserkennung völlig vernachlässigt wird. Aktivierungen in bestimmten Hirnarealen könnten Folge einer emotionalen Beteiligung aufgrund des Gesichtsausdrucks sein. Um den Prozess der Emotionsdekodierung genauer zu analysieren, wird im Weiteren auf Arbeiten eingegangen, die speziell die Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke untersucht haben.

1.2.2. Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke bei Gesunden

Wallbott & Ricci-Bitti (1993) unterscheiden prinzipiell zwei Möglichkeiten der Emotionsdekodierung, einen bottom-up und einen top-down Prozess. Während beim bottom-up Prozess wesentliche Komponenten der mimischen Aktivität analysiert werden, werden in einem top-down Prozess Prototypen mimischer Aktivität als Ganzes erfasst.

In einigen frühen Studien wurde die Bedeutung verschiedener Komponenten der mimischen Aktivität für das Erkennen eines spezifischen emotionalen Gesichtsausdrucks untersucht und aufgrund der Ergebnisse verstärkt ein bottom-up Prozess favorisiert (Boring & Titchener, 1923, Buzby, 1924, Ruckmick, 1936, Wundt, 1911; alle zitiert nach Wallbott & Ricci-Bitti, 1993).

Der Top-down Prozess, oder der konfigurale Ansatz der Mimik-Erkennung, wurde als erstes von James (1932, zitiert nach Wallbott & Ricci-Bitti, 1993) vertreten und durch die Studie von Frois-Wittmann (1930, zitiert nach Wallbott & Ricci-Bitti, 1993) durch experimentelle Daten unterstützt. Bassili (1979, zitiert nach Wallbott & Ricci-Bitti,

1993) konnte zeigen, dass an der Erkennung von Freude und Ekel Informationen aus dem Untergesicht, am Erkennen von Trauer und Angst aber Informationen des Obergesichts maßgeblich beteiligt sind. Wallbott & Ricci-Bitti (1993) betonen die Bedeutung spezifischer Konfigurationen einzelner Gesichtsaktivitäten für das Erkennen fundamentaler Emotionen. Da einzelne Muskelaktivitäten Bestandteile verschiedener Emotionsausdrücke sein können (Ekman & Friesen, 1978, Wiggers, 1982, beide zitiert nach Wallbott & Ricci-Bitti, 1993), kann man davon ausgehen, dass die meisten einzelnen Gesichtsaktivitäten keine spezifische emotionale Bedeutung vermitteln.

Zur Überprüfung dieser Hypothese untersuchten die Autoren den Einfluss einzelner „Action Units“ (AU) und Kombinationen mehrerer „Action Units“ des „Facial Action Coding Systems“ (FACS) auf die Erkennungsleistung emotionaler Gesichtsausdrücke. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen (Frois-Wittmann, 1930; zitiert nach Wallbott & Ricci-Bitti, 1993) wurden jedoch nicht Ausschnitte aus einem Gesicht mit einem ganzen Gesicht verglichen, sondern Bilder vollständiger Gesichter verwendet, die sich im Vorhandensein der entsprechenden AU unterschieden.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass nur wenige AU einen spezifischen Informationsgehalt für den emotionalen Ausdruck darstellen, die meisten AU jedoch nur in der Kombination mit anderen ihre Bedeutung für den mimischen Ausdruck gewinnen.

Die Autoren de Bonis, de Boeck, Pérez-Díaz & Nahas (1999) untersuchten, welchen Einfluss das Ober- und das Untergesicht auf die Einschätzung des emotionalen Gesichtsausdrucks ausüben. Hierzu wurden aus den Abbildungen von Gesichtern mit den emotionalen Ausdrücken der Freude und der Furcht chimärische Gesichtszüge hergestellt und Probanden zur Einschätzung präsentiert. Nur wenn sowohl das Ober- als auch das Untergesicht den Ausdruck Furcht darstellten, wird der Ausdruck als Furcht interpretiert, wenn nur das Obergesicht Furcht anzeigt, wird Überraschung als Gesichtsausdruck angegeben. Für die Erkennung des Gesichtsausdrucks Freude sind die Informationen aus dem Untergesicht maßgeblich.

Neben diesen allgemeinen Überlegungen zum Prozess der Emotionserkennung im Hinblick auf die Bedeutung verschiedener Informationsquellen der mimischen Aktivität wurden auch die Prozesse auf der Seite des Betrachters untersucht.

Der Ausdruck von Gefühlen, z.B. durch den mimischen Ausdruck, führt im gesunden Betrachter zu einer Reihe von Prozessen. Auf der kognitiven Ebene zeigt sich, dass der mimische Ausdruck sehr gut als der entsprechende emotionale Zustand erkannt werden kann (Wallbott, 1991). Gleichzeitig führt ein emotionaler Ausdruck des Gegenübers zu einer emotionalen Beteiligung (emotionale Ebene) und zu einer entsprechenden mimischen Reaktion (behaviorale Ebene) beim Betrachter. Zunächst werden diese Befunde dargestellt werden, um anschließend den Zusammenhang zwischen den einzelnen Prozessen zu betrachten.

- Erkennungsleistung von emotionalen Gesichtsausdrücken

Emotionale Gesichtsausdrücke können relativ eindeutig der richtigen emotionalen Kategorie zugeordnet werden. Werden die von Ekman & Friesen (1976) vorgeschlagenen sechs Basisemotionen in ausgeprägter Darstellung präsentiert, wird in der Untersuchung von Wallbott (1991) der Gesichtsausdruck „Freude“ mit einer Erkennungsrate von 99% am besten erkannt. Die Gesichtsausdrücke „Ekel“ (51%), „Trauer“ (73%), „Furcht“ (82%), „Ärger“ (82%) und „Überraschung“ (89%) können relativ gut der entsprechenden Emotion zugeordnet werden. Auch wenn sich die Erkennungsrate emotionaler Gesichtsausdrücke von Studie zu Studie leicht unterscheidet (z.B. Calder, Burton, Miller, Young & Akamatsu, 2001: Freude: 98%; Ekel: 79%; Trauer: 74%; Furcht: 76%; Ärger: 73%; Überraschung: 89%), lässt sich schlussfolgern, dass der Gesichtsausdruck „Freude“ am besten, und die restlichen Kategorien relativ gut erkannt werden.

- Emotionale Reaktion auf emotionale Gesichtsausdrücke

Ein wichtiger Aspekt bei der Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke ist die emotionale Wirkung der Gesichtsausdrücke, die besonders im Hinblick auf den Zusammenhang mit der mimischen Reaktion des Betrachters untersucht wurde. Zur Vereinfachung wird zunächst nur die emotionale Wirkung dargestellt. Hierbei soll nicht auf die Möglichkeit eingegangen werden, Emotionen durch die Präsentation von Gesichtsausdrücken zusammen mit der Instruktion, sich in den entsprechenden Gefühlszustand hineinzusetzen, auszulösen (Herrmann et al., zur Publikation angenommen; Schneider, Gur, Gur & Muenz, 1994).

Werden Gesichter mit einem emotionalen Gesichtsausdruck präsentiert, führt dies im Selbstbericht der Probanden zu einer emotionalen Reaktion (Dimberg, 1988).

Allerdings scheint diese emotionale Reaktion nicht eine einfache Kopie der gezeigten Emotion zu sein, sondern die natürliche Reaktion auf diese emotionale Reizklasse. So bewirken ärgerliche Gesichter, dass die Versuchspersonen mehr Angst angeben, als bei der Präsentation von freudigen Gesichtern. Die Darbietung von Gesichtern mit einem freudigen Gesichtsausdruck führt zu Freude. Dieses Ergebnis wurde durch die Untersuchung von Lundqvist & Dimberg (1995) repliziert.

In der Untersuchung von Hsee, Hatfield & Chemtob (1992) wurden Videoaufnahmen präsentiert, in der Mimik und Gestik einer Person zu sehen waren. Die Betrachtung des Videos beeinflusste den subjektiven emotionalen Zustand des Betrachters in die positive oder negative Richtung, entsprechend dem emotionalen Zustand der gezeigten Person.

Die Ergebnisse sprechen dafür, dass ein emotionaler Gesichtsausdruck zu einem veränderten subjektiven Erleben beim Betrachter führt. Allerdings wird bei einem ärgerlichen Gesichtsausdruck nicht „Ärger“ in Form einer einfachen Kopie des emotionalen Zustandes ausgelöst, sondern „Angst“ als Anzeichen einer natürlichen Reaktion auf eine ärgerliche Person.

- Mimische Reaktion auf emotionale Gesichtsausdrücke

Zur Messung der Gesichtsmimik wurde häufig die Aktivität der Gesichtsmuskeln mittels Elektromyogramm aufgezeichnet. Der Zygomaticus Muskel befindet sich seitlich des Mundes und ist mit Lächeln assoziiert. Der Corrugator Muskel liegt zwischen den Augenbrauen und wird bei Ärger aktiviert. Dimberg (1982) konnte als einer der ersten zeigen, dass Personen eine stärkere Muskelaktivität im Zygomaticus aufweisen, wenn sie Gesichter mit freudigem Gesichtsausdruck ansehen als wenn sie ärgerliche Gesichter betrachten. Entsprechend konnten die Autoren eine höhere Muskelaktivität im Corrugator messen, wenn die VPn ärgerliche Gesichter sehen, im Vergleich zu freudigen Gesichtern. Dieser Befund wurde sowohl für statische Fotografien (Dimberg, 1988; Hess, Philippot & Blairy, 1999) als auch für dynamische Abbildungen von Gesichtsausdrücken (Laird, Alibozak, Davainis & Deignan, 1994; Wallbott, 1991) wiederholt repliziert.

Wichtig für die EEG-Untersuchung ist der zeitliche Aspekt der mimischen Antwort. Der Unterschied der Zygomaticus Aktivität auf ärgerliche und freudige Gesichter zeigt sich schon um ca. 300 ms, der Corrugator Aktivität um ca. 400 ms nach Beginn der Stimuluspräsentation (Überblick: Dimberg & Oehman, 1996).

- Zusammenhang zwischen mimischer und emotionaler Reaktion

Der Zusammenhang zwischen der eigenen Mimik und gleichzeitig vorhandenen emotionalen Zuständen wurde im Rahmen der „Facial Feedback Hypothese“ (der Begriff wurde eingeführt von: Ellsworth & Tourangeau, 1981; Tourangeau & Ellsworth, 1979) eingehend diskutiert. Zwei Aspekte dieser Forschung scheinen für die Fragestellung dieser Arbeit wichtig: erstens moduliert die Gesichtsaktivität Emotionen, und zweitens kann die Gesichtsaktivität Emotionen auslösen.

Zur ersten Frage kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Gesichtsaktivität bestehende Gefühle beeinflussen kann (Adelmann & Zajonc, 1989; Manstead, 1988; McIntosh, 1996). Werden z.B. die Gesichtsmuskeln zu einem positiven Gesichtsausdruck angespannt, erlebt sich die Person selbst emotional positiver, entsprechend bei negativem Gesichtsausdruck negativer (Cappella, 1993; Dimberg, 1988; Duclos, Laird, Schneider, Sexter, Stern & Van Lighten, 1989; Izard, 1990; Laird et al., 1994; Strack, Martin & Stepper, 1988). Dieser Effekt konnte auch für emotionale Körperstellungen (Duclos et al., 1989; Stepper & Strack, 1993) und den vokalen Emotionsausdruck festgestellt werden (Hatfield, Hsee, Costello, Weisman & Denney, 1995; Siegman & Boyle, 1993). Flack, Laird & Cavallaro (1999b) nehmen aufgrund ihrer Ergebnisse an, dass der emotionale Gesichtsausdruck und Körperposen einen additiven Effekt auf das emotionale Erleben ausüben.

McIntosh (1996) geht weiter davon aus, dass die Gesichtsaktivität auch Emotionen auslösen kann. In der Studie von Duclos et al. (1989) wurden die VPn instruiert, ihre Gesichtsmuskeln entsprechend den Emotionen Furcht, Ärger, Trauer und Ekel zu kontrahieren, und anschließend ihre Gefühle einzuschätzen. Für die Gesichtsausdrücke Furcht und Trauer zeigte sich, dass die entsprechende Emotion (jeweils Furcht oder Trauer) genau in der entsprechenden Bedingung am höchsten eingeschätzt wurde.

- *Zusammenhang zwischen mimischer und emotionaler Reaktion und der Erkennungsleistung*

Beide Effekte, die mimische Reaktion und die entsprechende Veränderung im emotionalen Erleben des Betrachters emotionaler Gesichtsausdrücke, wurden als ein Mechanismus diskutiert, die Emotion eines anderen im Gesichtsausdruck zu erkennen (Buck, 1988; Lipps, 1907, zitiert nach Kring et al., 1999; Wallbott, 1991).

Prinzipiell wäre es möglich, dass emotionale Gesichtsausdrücke direkt Emotionen auslösen, die sich in einer entsprechenden mimischen Reaktion äußern. Auf der anderen Seite wäre es auch denkbar, dass emotionale Gesichtsausdrücke automatisch kopiert, und aufgrund dieser mimischen Reaktion Emotionen ausgelöst werden. Diese Interpretation wurde von Hatfield et al. (1993, zitiert nach Laird et al., 1994) als „Contagion“ bezeichnet. Unterstützung findet diese Hypothese durch die Untersuchung von Laird et al. (1994; zweite Untersuchung), in der Personen während der mimischen Darstellung von „Freude“ in einem Film-Clip weniger „Freude“ empfanden, wenn sie ihre eigene mimische Aktivität unterdrücken mussten im Vergleich zu Personen, die ihre Handbewegungen unterdrücken mussten.

In einer sehr aufwendigen Untersuchung von Hess, Philippot & Blairy (1998) wurde neben dem Zusammenhang zwischen dargebotener Mimik und der emotionalen und mimischen Reaktion des Betrachters überprüft, inwieweit die mimische Reaktion des Betrachters emotionaler Gesichtsausdrücke durch den Faktor der Aufgabenschwierigkeit zu erklären ist. In einer ersten Untersuchung variierten die Autoren die Intensität der dargestellten emotionalen Gesichtsausdrücke und die Präsentationsart von ärgerlichen und freudigen Gesichtern. Die Bilder wurden zum einen blockweise (entweder „Freude“ oder „Ärger“), zum anderen randomisiert präsentiert. Durch dieses Vorgehen sollte die Hypothese überprüft werden, dass die mimische Reaktion eine Folge der direkten emotionalen Wirkung emotionaler Gesichtsausdrücke ist. Wenn durch die Präsentation der emotionalen Gesichtsausdrücke direkt Emotionen ausgelöst werden, sollte dies bei einer blockweisen Präsentation zu stärkeren Emotionen führen als bei randomisierter Präsentation. Zur Messung der mimischen Reaktion erfassten die Autoren die Muskelaktivität des Musculus Corrugator Supercilii und des Musculus Zygomaticus Major. Für die Aktivität des Musculus Corrugator Supercilii ergab sich ein signifikanter Haupteffekt des emotionalen Gesichtsausdrucks und der Intensität, jedoch keine signifikanten Effekte für die Präsentationsart. Der signifikante Haupteffekt emotionaler Gesichtsausdruck wurde bewirkt durch eine stärkere ärgerspezifische mimische Reaktion auf ärgerliche Gesichtsausdrücke als auf freudige Gesichter. Als zweiter Effekt zeigte sich aber auch, dass Gesichter, die den emotionalen Ausdruck nur in geringer Ausprägung darstellten und somit schwerer zu dekodieren waren, zu einer stärkeren Aktivität des Musculus Corrugator Supercilii führten. Durch den fehlenden Haupteffekt der Präsentationsart konnten die Autoren

nicht zeigen, dass die mimische Reaktion durch eine direkte Emotionsinduktion bedingt war.

Um die verbleibenden beiden Hypothesen zu überprüfen, zum einen, die Mimik ist durch die Aufgabenschwierigkeit zum anderen durch eine emotionsspezifische mimische Reaktion bedingt, wurde eine weitere Untersuchung durchgeführt. In dieser zweiten Untersuchung verwirklichten die Autoren die Variation der Aufgabenschwierigkeit unabhängig von der dargestellten Emotion. In der einfachen Aufgabe musste eine Unterscheidung zwischen positivem und negativem Gesichtsausdruck, in der schwierigen Aufgabe eine Unterscheidung zwischen spontanem versus gestelltem Emotionsausdruck durchgeführt werden. Die VPn erhielten die Instruktion zunächst positive von negativen Gesichtsausdrücken zu unterscheiden. Weiter wurde in einer Gruppe die Aufgabe gestellt, die positiven Gesichtsausdrücke, entsprechend in der anderen Gruppe die negativen Gesichtsausdrücke, weiter nach gestelltem oder spontanem Emotionsausdruck zu unterscheiden. Als weiteren Faktor führten die Autoren wieder eine randomisierte und blockweise Präsentation ein. In der randomisierten Präsentation sprechen die Ergebnisse dafür, dass die mimische Reaktion eine emotionsspezifische Reaktion ist, in der blockweisen Präsentation scheint die mimische Reaktion allerdings durch die Aufgabenschwierigkeit bedingt zu sein. Als Erklärung führen die Autoren an, dass die emotionsspezifische mimische Reaktion nur in Aufgaben zu sehen ist, die eine Emotionsdekodierung verlangen. Und diese Emotionsdekodierung sei in der blockweisen Präsentation nur in deutlich geringerem Ausmaß durchzuführen, da die Emotionsdekodierung nur für den ersten Gesichtsausdruck durchgeführt werden musste.

Zusammenfassend spricht diese Untersuchung dafür, dass die beim Dekodieren emotionaler Gesichtsausdrücke zu messenden mimischen Reaktionen im Betrachter nicht durch eine primäre Emotionsinduktion oder durch die Schwierigkeit der Aufgabe bedingt sind, sondern dass der mimische Ausdruck kopiert wird (Mimikri).

Offen bleibt in diesem Zusammenhang, inwieweit dieser Prozess des Mimikri direkt mit dem emotionalen Erleben und beide mit der Dekodierleistung assoziiert sind.

Hess & Blairy (2001) führten zur Klärung dieser Frage eine Untersuchung durch, in der die VPn Videosequenzen der emotionalen Gesichtsausdrücke „Freude“, „Trauer“, „Ärger“ und „Ekel“ in geringen Ausprägungen dekodieren mussten, wobei sowohl die Mimikri über die Muskelaktivität, als auch der emotionale Zustand durch subjektive

Angaben sowie die Dekodierleistung erfasst wurden. Die emotionale Beteiligung trat nur auf, wenn der emotionale Gesichtsausdruck erkannt werden sollte. Im Widerspruch zur Facial-Feedback-Theorie konnte weder ein Zusammenhang zwischen der mimischen Reaktion und dem emotionalen Erleben noch mit der Dekodierleistung festgestellt werden (Hess & Blairy, 2001).

1.3. Neurophysiologische Befunde zur Verarbeitung von Gesichtern, der Reaktion auf emotionale Gesichtsausdrücke und emotionale Reize

1.3.1. Gesichtsverarbeitung

Die robustesten Unterschiede in der kortikalen Aktivierung bei der visuellen Verarbeitung von Gesichtern und Objekten wurden im lateralen Gyrus Fusiformis beschrieben, meist beidseitig aber mit einer stärkeren Ausprägung rechtshemisphärisch (Chao, Haxby & Martin, 1999a; Chao, Martin & Haxby, 1999b; Clark et al., 1996; Halgren et al., 1999; Hoffman & Haxby, 2000; Kanwisher, McDermott & Chun, 1997; Levy, Hasson, Avidan, Hendler & Malach, 2001; Rossion et al., 2000). Diese Region wurde entsprechend als „Fusiform Face Area“ (FFA) bezeichnet (Kanwisher et al., 1997). Neben diesem Areal zeigt sich auch im inferioren occipitalen Gyrus (Occipital Face Area, OFA; Clark et al., 1996; Halgren et al., 1999; Hoffman & Haxby, 2000; Levy et al., 2001; Rossion et al., 2000; Rossion & Gauthier, 2002) und im superioren temporalen Sulcus (Chao et al., 1999a; Halgren et al., 1999; Hoffman & Haxby, 2000; Kanwisher et al., 1997) eine stärkere Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu anderen Objekten. Aufgrund der bisherigen Ergebnisse kommen Haxby, Hoffman & Gobbini (2002) in ihrer Übersichtsarbeit zu der Ansicht, dass eine frühe Wahrnehmung von Gesichtsreizen zu einer Aktivierung des inferioren occipitalen Gyrus führt, mit einer anschließenden Verarbeitung der Gesichts-invarianten Aspekte eines individuellen Gesichtes im lateral Gyrus Fusiformis und einer Verarbeitung veränderlicher Gesichtsmerkmale, wie der Blickrichtung, des Ausdrucks und der Lippenbewegung, im superior temporalen Sulcus.

Wie die Arbeitsgruppe um Gauthier (Gauthier, Skudlarski, Gore & Anderson, 2000; Gauthier, Tarr, Anderson, Skudlarski & Gore, 1999) eindrucksvoll nachweisen konnte, ist die stärkere kortikale Aktivierung in der FFA und in der OFA nicht auf die Verarbeitung von Gesichtern beschränkt. Gauthier et al. (1999) ließen ihre Versuchspersonen zunächst dreidimensionale Objekte aufgrund ihrer individuellen Merkmale verschiedenen Kategorien zuordnen. Nach einer Trainingsphase, die bis zu einer Art „Expertenstatus“ der Versuchspersonen in der Verarbeitung dieser Objekte fortgeführt wurde, zeigte sich bei den Experten im Vergleich zu unerfahrenen Versuchspersonen während der Verarbeitung dieser Objekte eine stärkere Aktivierung in den beiden der Gesichtsverarbeitung zugeordneten Gehirnregionen FFA und OFA. In einer nachfolgenden Untersuchung (Gauthier et al., 2000) konnte

dieser Experteneffekt repliziert werden. Personen mit einem durch die Erfahrung über Jahre gewonnenen Expertenstatus für Vögel bzw. Autos zeigten bei der Verarbeitung jeweils „ihrer“ Stimuli die für Gesichter spezifischen Aktivierungen in der FFA und OFA. Somit lässt sich die Aktivierung in den beiden Regionen durch den Expertenstatus in der Verarbeitung von visuellen Reizen erklären. Der Effekt einer stärkeren Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu anderen Objekten wäre somit durch unsere alltägliche Erfahrung individuelle Gesichter zu verarbeiten bedingt (Tarr & Gauthier, 2000).

Obgleich die Frage noch nicht geklärt ist, ob die Aktivierung in der FFA spezifisch durch die Verarbeitung von Gesichtern bedingt ist (Kanwisher, 2000), oder, wie oben dargestellt, allgemeiner zu erklären ist, kann diese Aktivierung als Maß der Verarbeitung individueller Gesichter angesehen werden.

In den ereigniskorrelierten Potentialen zeigt sich diese Verarbeitung individueller Reizmerkmale von Gesichtern im Vergleich zu anderen Objekten am deutlichsten als ein negativer Peak (N170) um 170 ms bilateral über den okzipito-temporal gelegenen Elektroden (Bentin, Allison, Puce, Perez & McCarthy, 1996; Bötzel, Schulze & Stodieck, 1995; Eimer & McCarthy, 1999; Linkenkaer-Hansen et al., 1998) und etwas weniger deutlich ausgeprägt als positiver Peak über centro-frontalen Positionen (Vertex positivity potential, Bötzel & Grüsser, 1989; Bötzel et al., 1995; Jeffreys, 1989; Jeffreys & Tukmachi, 1992; Seeck & Grüsser, 1992). Dieser Gesichterpeak tritt unabhängig von der gewählten Darstellungsform sowohl bei Fotografien, als auch Gemälden und schematischen Darstellungen von Gesichtern auf (Sagiv & Bentin, 2001). Auch zwei Punkte können den Gesichterpeak auslösen, wenn sie zuvor als Teil eines Gesichtes geprimed wurden (Bentin, Sagiv, Mecklinger, Friederici & von Cramon, 2002). Allerdings spiegelt die N170 nicht das Wahrnehmen von Augen wieder, da ein Fehlen der Augen in der Darstellung eines Gesichtes die Amplitude der N170 nicht verringert, aber ihre Latenz verlängert (Eimer, 1998). Werden alle internen Informationen des Gesichts gelöscht (wie die Augen, die Nase, der Mund), verringert sich die Amplitude der N170 signifikant (Eimer, 2000). Die dargestellten Ergebnisse sprechen dafür, die N170 als Maß der strukturellen Enkodierung individueller Gesichter zu interpretieren, entsprechend dem Modell von Bruce & Young (1986).

Ein interessanter Aspekt für die Messung der N170 bei schizophrenen Patienten in dieser Arbeit ist, dass eine direkte Aufmerksamkeitslenkung keine Modifikation der

N170 bewirkt (Carmel & Bentin, 2002; Cauquil, Edmonds & Taylor, 2000). Das bedeutet, dass Aufmerksamkeitsdefizite schizophrener Patienten keinen negativen Effekt auf die N170 Komponente ausüben.

Unterschiede in den EKPs auf Gesichter und Vergleichsstimuli die früher als 160 ms auftreten, lassen sich durch Unterschiede in den Stimuluseigenschaften (Schendan, Ganis & Kutas, 1998, Vergleich von geschriebenen Worten und Gesichtern) oder durch Wiederholungseffekte erklären (Seeck et al., 1997). In der Studie von Debrulle, Guillem & Renault (1998) wurden Gesichter von bekannten und nicht-bekanntem Personen präsentiert, mit erhöhten negativen Amplituden um 112 ms über Cz auf bekannte im Vergleich zu unbekanntem Gesichtern. Allerdings zeigten sich keine Unterschiede in den Amplituden um 160 ms. Abschließend kann gesagt werden, dass für die Gesichtsverarbeitung Effekte vor 160 ms beschrieben wurden, die bisherigen EEG-Ergebnisse allerdings nicht eindeutig zu interpretieren sind (Liu, Harris & Kanwisher, 2002). Aufbauend auf den MEG-Studien von Liu et al. (2002) würde ich bei der entsprechenden Versuchsdurchführung auch bei EEG-Studien frühe Effekte um 100 ms für die Verarbeitung von Gesichtsinformationen erwarten.

1.3.2. Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke

Bisher liegen nur wenige Studien vor, die den Effekt der Emotionserkennung im Gesichtsausdruck mit Hilfe von ereigniskorrelierten Potentialen untersuchten. Studien die entstellte Gesichter zur Induktion von Emotionen verwendeten (Roschmann & Wittling, 1992) oder Gesichter positiver bzw. negativer Valenzeinschätzung miteinander verglichen haben (Pizzagalli, Koenig, Regard & Lehmann, 1998; Pizzagalli, Regard & Lehmann, 1999), werden im allgemeinen Emotionsteil dargestellt.

In einer ersten Untersuchung (Vanderploeg, Brown & Marsh, 1987) wurden schematische Gesichter mit positivem, negativem und neutralem Gesichtsausdruck für 100 ms ohne Aufmerksamkeitsinstruktion gleich häufig auf einem Bildschirm präsentiert. In der Auswertung berechneten die Autoren eine Hauptkomponentenanalyse über die EKP-Daten, so dass die Ergebnisse nicht direkt mit anderen Studien vergleichbar sind. Zwischen den emotionalen und den neutralen Gesichtsausdrücken ergaben sich zwei signifikante Effekte. Im Zeitbereich 230 ms bis 448 ms bildeten neutrale Gesichter eine höhere Amplitude als die emotionalen Gesichter links centro-parietal aus, im Zeitbereich 348 ms bis 616 ms kehrte sich dieser Effekt um, und die emotionalen Gesichter bewirkten eine höhere Amplitude

rechts centro-parietal als die neutralen Gesichter. Im Gegensatz hierzu fanden Graham & Cabeza (2001) gemittelt über den Zeitraum von 375 ms bis 750 ms auf fröhliche Gesichter höhere Amplituden über der linken parietalen Hemisphäre im Vergleich zur rechten parietalen Hemisphäre, während die Amplituden auf neutrale Gesichter bilateral gleich verteilt waren.

Carretie & Iglesias (1995) ließen ihre Probanden Gesichter mit freudigem Ausdruck, neutralem Ausdruck, Landschaftsbilder und einfache graue Rechtecke den entsprechenden Kategorien zuordnen. Freudige Gesichter führten zu einer stärker ausgeprägten frontalen negativen Komponente der EKPs um 300 ms (N300) als die restlichen drei Kategorien. Ein ähnliches Ergebnis berichten Streit, Wölwer, Brinkmeyer, Ihl & Gaebel (2000), die zeigen konnten, dass die Emotionserkennung der sechs Basisemotionen frontal um 240 ms zu einer stärkeren Negativierung führt als eine Erkennungsaufgabe von verschwommenen Gesichtern. Allerdings wurden keine Verhaltensdaten angegeben, so dass die Negativierung bei der Emotionserkennung durch eine unterschiedliche Aufgabenschwierigkeit erklärbar sein könnte.

Im Bezug auf den Einfluss des emotionalen Gesichtsausdrucks auf den Gesichterpeak liegen unterschiedliche Befunde vor. Krolak-Salmon, Fischer, Vighetto & Mauguière (2001) konnten keine Unterschiede zwischen emotionalen und neutralen Gesichtsausdrücken in den frühen EKPs bis 250 ms nach Stimulusonset feststellen. Auch Eimer & Holmes (2002) finden keine Unterschiede in der Amplitude und der Latenz der N170 auf ängstliche und neutrale Gesichter. Im Gegensatz hierzu ergibt sich in der Studie von Sato, Kochiyama, Yoshikawa & Matsumura (2001) eine signifikant höhere Negativierung über temporalen Elektroden auf emotionale Gesichter („Furcht“ und „Freude“) im Vergleich zu neutralen Gesichtern, allerdings erst um 270 ms nach Stimulusbeginn. Dieses Ergebnis erscheint jedoch fraglich, da der in den anderen Studien gefundene Gesichterpeak um 170 ms nicht beschrieben wurde.

Aufgrund der geringen Anzahl von Studien und deren unterschiedlichen Ergebnisse lässt sich keine verlässliche Aussage über die elektrophysiologischen Korrelate der Verarbeitung des emotionalen Gesichtsausdrucks treffen. Als eine wesentliche Schlussfolgerung dieser bisherigen Studienergebnisse ergibt sich für mich die Notwendigkeit, eventuelle Effekte des emotionalen Gesichtsausdrucks auf die EKPs an unabhängigen Stichproben zu replizieren.

1.3.3. Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Emotionserkennung

In einigen Untersuchungen wurden Gesichter mit unterschiedlichem Gesichtsausdruck mit einer Aufmerksamkeitsinstruktion präsentiert, so dass die Ergebnisse dieser Studien keinen direkten Aufschluss über die elektrophysiologischen Korrelate der reinen Emotionserkennung liefern. Aus Gründen der Vollständigkeit sollen diese jedoch im Folgenden dargestellt werden.

Nelson & Nugent (1990) untersuchten in zwei Experimenten die EKPs von Kindern im mittleren Alter von 5 Jahren auf Gesichter mit ärgerlichem, freudigem und neutralem Gesichtsausdruck. Im ersten Experiment sollten die Kinder entweder auf das freudige oder ärgerliche Gesicht achten, wobei die Häufigkeit der neutralen Gesichter bei 80% und die der emotionalen Gesichter bei 20% lag. Wie zu erwarten bedingte die Aufmerksamkeitsinstruktion eine parietale Positivierung, allerdings deutlich später (700 ms) als bei Erwachsenen (450 ms, z.B. Herrmann & Fallgatter, zur Publikation eingereicht) und ohne Unterschied zwischen den freudigen und ärgerlichen Gesichtern. Um 400 ms wurde eine stärkere Negativierung auf ärgerliche Gesichter im Vergleich zu freudigen Gesichtern beschrieben. Im zweiten Experiment, in dem die Probanden wiederum auf die emotionalen Gesichter achten mussten, die nun jedoch mit einer Häufigkeit von 80 % auftraten, konnte keine unterschiedliche Negativierung in der N400 gefunden werden. Ebenso finden Laurian, Bader, Lanares & Oros (1991) keine signifikanten Unterschiede in der P300 Amplitude auf Gesichter mit traurigem und freudigem Gesichtsausdruck, wenn die Personen auf die seltenen (30 %) emotionalen Gesichtsausdrücke achten mussten (70 % neutrale Gesichter als Distraktoren). Im Gegensatz zu diesen Studien finden Orozco & Ehlers (1998) höhere Amplituden der P450 Komponente auf „Trauer“ Gesichter im Vergleich zu „Freude“ Gesichtern bei erwachsenen Personen, wenn diese auf die seltenen emotionalen Gesichtsausdrücke (Häufigkeit 30%, 70 % neutrale Gesichter als Distraktoren) achten mussten. In einem ähnlichen Paradigma (Aufmerksamkeitsinstruktion auf seltene Targetreize) finden Kestenbaum & Nelson (1992) höhere Amplituden im Zeitraum 450 ms bis 900 ms auf ärgerliche Gesichter im Vergleich zu freudigen Gesichtern. Keine der Studien berichten den von Nelson & Nugent (1990) beschriebenen differentiellen Effekt des emotionalen Ausdrucks auf die Amplitude der N400.

Aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse lässt sich schlussfolgern, dass die durch ein Oddball-Experiment bedingte P300 nur gering durch den emotionalen Ausdruck der verarbeiteten Gesichter beeinflusst wird.

1.3.4. Elektrophysiologische Reaktion auf emotionale Stimuli

Die Präsentation emotionaler visueller Reize bewirkt eine Veränderung verschiedener Parameter im EKP. Neben der Modifikation negativer (N300) und positiver (P300, Slow Wave) Komponenten des EKPs wurden topographische Effekte bei der Verarbeitung emotionaler Reize beschrieben.

Carretie, Iglesias, García & Ballesteros (1996) präsentierten hoch erregend positive und negative Bilder, positiv entspannende Landschaftsbilder und neutrale Abbildungen von Gebäuden. Die N300, über parietalen Elektrodenpositionen im Intervall von 275 bis 325 ms bestimmt, zeigte die stärkste Ausprägung auf hoch positiv erregende Bilder, mit dem größten Unterschied zu den hoch negativ erregenden Bildern. Keinerlei Unterschied wurde in der Amplitude der P300 Komponente auf die unterschiedlichen Stimulusklassen gefunden. In einer weiteren Untersuchung konnten Carretie, Iglesias & Garcia (1997) diesen Effekt einer erhöhten N300 auf hoch erregend positive Stimuli über parietalen Positionen replizieren. Des Weiteren beschrieben die Autoren über frontalen Positionen den gegenteiligen Effekt erhöhter N300 Amplituden auf hoch erregend negative Bilder. Wiederum konnten die Autoren keinen Effekt der emotionalen Bedeutung auf die P300 Komponente feststellen. Um auszuschließen, dass der Effekt erhöhter N300 Amplituden durch die Erregungskomponente der Stimuli bewirkt wurde, verglichen die Autoren die N300 Amplitude auf hoch und niedrig erregend positive Bilder mit der N300 Amplitude auf negative und neutrale Bilder (Carretie, Iglesias & Bardo, 1998). In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass sowohl hoch als auch niedrig erregend positive Bilder zu einer erhöhten N300 Amplitude über parietalen Positionen führten, im Vergleich zu negativen und neutralen Bildern. Da die hoch erregenden positiven Bilder zu einer höheren N300 führten als die niedrig erregend positiven Bilder, kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die N300 nicht unabhängig von der Erregungskomponente der Stimuli ausgelöst wird. Zu beachten ist bei den Untersuchungen dieser Arbeitsgruppe, dass das EEG gegen eine Referenz an der Nase abgeleitet wurde. Dies ist besonders zu berücksichtigen, wenn die Ergebnisse, insbesondere die fehlenden Effekte des emotionalen Inhalts auf die

positiven Komponenten wie P300 und Slow Wave, mit anderen Studien verglichen werden.

In der Arbeit von Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang (2000) unterscheiden sich die EKPs (EEG gegen Mastoid als Referenz berechnet) auf positive, negative und neutrale Bilder ab 200 ms nach Stimulusbeginn. Im Zeitraum von 200 ms bis 300 ms lösen positive Bilder positivere Amplituden aus als neutrale Bilder, zwischen 300 ms und 400 ms folgen nach positiven Bildern positivere Amplituden als auf negative und neutrale Bilder. Zwischen 400 ms und 700 ms sind sowohl die Amplituden auf positive als auch auf negative Bilder höher als auf neutrale Bilder, jedoch sind die Amplituden auf positive Bilder positiver im Vergleich zu negativen Bildern. Ab 700 ms bis 5 Sekunden nach Stimulusonset ergeben sich gleichermaßen auf positive als auch auf negative Bilder höhere positive Amplituden als auf neutrale Bilder. Die Amplitudenerhöhung korreliert mit der eingeschätzten Erregung, die diese Bilder hervorrufen. In der Arbeit von Schupp et al. (2000) konnte der Effekt erhöhter Amplituden auf positive und negative Bilder im Vergleich zu neutralen Bildern im Zeitraum von 350 ms bis 750 ms nach Stimulusbeginn repliziert werden. Die weiteren von Cuthbert et al. (2000) beschriebenen Effekte wurden nicht überprüft. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von Palomba, Angrilli & Mini (1997) beschrieben. Im Zeitraum von 400 ms bis 600 ms ergeben sich höhere Amplituden auf positive Bilder im Vergleich zu negativen Bildern, mit jeweils höheren Amplituden als auf neutrale Stimuli. Von 600 ms bis 900 ms ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Amplituden auf positive und negative Bilder, jedoch sind die Amplituden auf die emotionalen Stimuli signifikant positiver als auf neutrale Bilder. Neben dieser Auswertung über den gesamten Zeitabschnitt wurden in dieser Studie auch die Amplituden-Maxima analysiert. Für die N2 ergaben sich signifikant geringere Ausprägungen dieser Komponente auf positive und negative Stimuli im Vergleich zu neutralen Stimuli, und signifikant höhere P3 Amplituden auf positive und negative Bilder im Vergleich zu neutralen Bildern. Auch in dieser Arbeit wurde der Mastoid als Referenz bei der EEG-Aufnahme verwendet.

Im Gegensatz zu den wiederholt gezeigten Effekten erhöhter positiver Amplituden auf emotionale Bilder im Vergleich zu neutralen Bildern (Cuthbert et al., 2000; Diedrich, Naumann, Maier & Becker, 1997; Palomba et al., 1997; Schupp et al., 2000) beschrieben Roschmann & Wittling (1992) negativere Amplituden über frontalen Hirnregionen (350 ms bis 400 ms), über rechtsfrontalen (510 ms - 560 ms)

und schließlich über occipitalen Hirnregionen mit rechtsparietalem Schwerpunkt (670 ms – 1200 ms) auf negative im Vergleich zu neutralen Bildern. Als Referenz dienten verbundene Ohrläppchen, die durchaus mit verbundenen Mastoiden vergleichbar sind. Ein deutlicher Unterschied lag allerdings in der sehr kurzen Präsentationsdauer von 150 ms in der Studie von Roschmann & Wittling (1992), die diesen Unterschied verursachen könnte.

Ogleich sich die EKPs auf Wörter deutlich von den EKPs auf Bilder unterscheiden, konnten die erhöhte P300 Amplituden auch auf emotionale Wörter im Vergleich zu neutralen Wörtern (parietal, Naumann, Bartussek, Diedrich & Laufer, 1992; Stormark, Nordby & Hugdahl, 1995) nachgewiesen werden. Bernat, Bunce & Shevrin (2001) berichteten sowohl für supra- als auch subliminal dargebotene Wörter, dass negative Reize zu einer höheren P300 und SW Amplitude führen als positive Wörter, ohne jedoch den bei Bildern als wesentlich beschriebenen Faktor des Arousal mit zu berücksichtigen. Im Hinblick auf das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke ist bei der emotionalen Verarbeitung im Vergleich zu einer strukturellen Verarbeitung von Wörtern eine frontale Positivierung bei emotionalen Wörtern beschrieben worden (Naumann et al., 1992).

Zu den topographischen Effekten emotionaler Reize liegen einige, jedoch nicht konsistente Befunde vor. Pizzagalli et al. (1998) beschrieben, dass sich die Verteilung des hirnelektrischen Feldes beim Betrachten angenehm eingeschätzter Bilder von der hirnelektrischen Verteilung beim Betrachten negativer Bilder unterscheidet. Unüblich für die Untersuchung ereigniskorrelierter Potentiale wurde die Lokalisation der hirnelektrischen Aktivität über die ersten 450 ms nach Stimulusonset gemittelt. Die negativ eingeschätzten Bilder zeigten eine stärker rechtshemisphärische Verschiebung des positiven hirnelektrischen Feldes im Vergleich zu den positiv eingeschätzten Bildern. In einer weiteren Untersuchung (Pizzagalli et al., 1999) präsentierten die Autoren dieselben Stimuli entweder im linken oder rechten visuellen Halbfeld. Nur nach linkshemisphärischer Verarbeitung durch die Präsentation im rechten visuellen Halbfeld zeigte sich im Zeitraum von 104 ms bis 160 ms, dass positive Bilder (!) zu einer weiter rechtshemisphärischen Verteilung des positiven Feldschwerpunktes führen als negative Bilder.

Skrandies (1998) untersuchte die Verteilung der hirnelektrischen Aktivität bei der Verarbeitung von Worten die in den Dimensionen Valenz, Arousal und Potenz eingestuft waren. Im Zeitraum von 80 ms bis 130 ms lag der positive Feldschwerpunkt auf positiv eingeschätzte Worte signifikant weiter rechts als auf negative Worte.

Zusammenfassend deutet die Befundlage darauf hin, dass erregende Reize zu einer erhöhten positiven Amplitude über parietale Elektrodenpositionen führen. Die Analyse der topographischen Verteilung der hirnelektrischen Aktivität wurde bisher zu wenig mit einheitlichen Stimulationsparametern untersucht, die wenigen Studien legen jedoch einen Effekt der emotionalen Bedeutung auf die Verteilung der hirnelektrischen Verteilung nahe.

1.3.5. Neurophysiologische Untersuchungen bei schizophrenen Patienten im Hinblick auf die Gesichtsverarbeitung, die Emotionserkennung und die Reaktion auf emotionale Stimuli

Patienten mit Erstmanifestation einer schizophrenen Erkrankung haben ein verringertes Volumen des Gyrus Fusiformis (Lee et al., 2002). Auch in einer Untersuchung zur funktionellen Messung der Gehirnaktivierung mittels funktioneller Magnet-Resonanz Bildgebung (fMRI) während einer Aufgabe zur Emotionsdekodierung wurde bei schizophrenen Patienten keine Aktivierung des Gyrus Fusiformis gefunden, die bei gesunden Probanden im Vergleich zu einer Baseline Messung bei der Verarbeitung der Gesichtsreize zu beobachten war (Gur et al., 2002). Beide Befunde lassen erwarten, dass schizophrenen Patienten eine verringerte Aktivierung des Gesichterpeaks N170 in den ereigniskorrelierten Potentialen aufweisen. Im Bezug auf die Emotionsdekodierung konnten Streit, Wölwer, Brinkmeyer, Ihl & Gaebel (2001) nachweisen, dass die von ihrer Arbeitsgruppe beschriebene frontale Negativierung während der Emotionserkennung (Streit et al., 2000) bei schizophrenen Patienten nicht auftritt.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass sich die Defizite in der Gesichtsverarbeitung und der Emotionsdekodierung schizophrener Patienten mittels neurophysiologischer Methoden erfolgreich untersuchen lassen.

2. Allgemeine Fragestellung und methodisches Vorgehen

Diese Arbeit untersucht zwei Hauptfragestellungen:

1. Wie lassen sich die für die Verarbeitung von Gesichtern und das Erkennen von emotionalen Gesichtsausdrücken verantwortlichen kognitiven Prozesse mit Hilfe ereigniskorrelierter Potentiale des EEGs reliabel messen?
2. Sind diese Prozesse bei schizophrenen Patienten im Vergleich zu gesunden Probanden beeinträchtigt?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden drei aufeinander folgende Untersuchungen geplant und durchgeführt.

Ziel der ersten Untersuchung ist es, die in der Forschungsliteratur wiederholt beschriebenen EEG-Effekte bei der Verarbeitung von Gesichtern (Gesichterpeak) bei gesunden Probanden zu replizieren. Des Weiteren wird eine Aufgabe darin bestehen, freudige, traurige und neutrale Gesichtsausdrücke zu erkennen. Da bezüglich des Einflusses des emotionalen Gesichtsausdruckes auf EKP-Parameter wenig replizierte und konsistente Befunde in der Literatur vorliegen, sind hypothesengeleitete, statistische Überprüfungen nicht möglich. Mit Hinblick auf die Problematik multipler Testungen auf die Irrtumswahrscheinlichkeit sind die Ergebnisse dieser Auswertungen deskriptiv zu verstehen. Eine Alpha-Adjustierung wird nicht durchgeführt, da die in der Literatur vorbeschriebenen Effekte emotionaler Gesichtsausdrücke auf die EKP-Parameter zu gering sind, um eine genügend hohe statistische Power zu gewährleisten.

In der zweiten Untersuchung können aufgrund der Ergebnisse der ersten Untersuchung sowohl für die Verarbeitung von Gesichtern als auch die Unterscheidung emotionaler Gesichtsausdrücke spezifische Hypothesen abgeleitet und überprüft werden. Bei neuen Aufgaben, für die aus der Literatur keine spezifischen Vorhersagen bezüglich des Einflusses auf die EEG-Parameter getroffen werden können, erfolgt die Auswertung erneut deskriptiv.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen in der dritten Untersuchung zunächst bei einer weiteren gesunden Stichprobe hypothesengeleitet überprüft werden. Für die Auswertung eines neuen Paradigmas, für das keine spezifischen Hypothesen existieren, wird für die Überprüfung der statistischen Kennwerte auf Signifikanz eine

Alpha-Adjustierung vorgenommen. Der Vergleich der schizophrenen Patienten mit einer gesunden Kontrollgruppe erfolgt nur für die Messungen, die zu signifikanten Ergebnissen geführt haben.

Die statistische Auswertung erfolgt bei zwei zu vergleichenden Bedingungen mittels t-Tests für abhängige Stichproben, bei mehr als zwei Bedingungen mittels Varianzanalysen. Bei der Auswertung mittels Varianzanalyse wird der Mauchly-Test auf Sphärizität zur Voraussetzungsüberprüfung durchgeführt. Dieser prüft die Nullhypothese, dass sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält. Kann die Nullhypothese aufgrund eines signifikanten Ergebnisses ($p < 0.10$) nicht aufrechterhalten werden, erfolgt eine Korrektur der Anzahl der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser. Zur weiteren Aufklärung signifikanter Effekte wurden t-Tests für abhängige oder unabhängige Stichproben verwendet. Zusammenhänge werden bei normalverteilten Variablen durch die Pearson-Korrelation, bei nicht normalverteilten Variablen durch die Spearman-Korrelation berechnet.

3. Experimentelle Untersuchungen

3.1. Untersuchung 1: Ereigniskorrelierte Potentiale in Reaktion auf Gesichter und emotionale Gesichtsausdrücke – Überprüfung des Gesichterpeaks und differenzielle Reaktionen.

3.1.1. Einleitung

Das Ziel dieser ersten Studie war es, die bei der Verarbeitung von Gesichtsstimuli in der Literatur beschriebenen Effekte erhöhter Amplituden im EKP ca. 170 ms nach Stimulusbeginn über temporoparietalen Elektrodenpositionen im Vergleich zu Kontrollstimuli zu replizieren. Mittels LORETA sollte überprüft werden, ob sich die erhöhte N170 Komponente auf Gesichter auf eine Aktivierung des Gyrus Fusiformis zurückführen lässt.

Des Weiteren sollte der Einfluss des emotionalen Gesichtsausdrucks auf verschiedene Komponenten des EKPs untersucht werden. Hierzu wurden Gesichter mit freudigem, traurigem und neutralem Gesichtsausdruck präsentiert. Die Überprüfung erfolgte in einer ersten Messung ohne Instruktion, in einer zweiten Messung mit der Instruktion den emotionalen Gesichtsausdruck zu dekodieren. Für beide Messungen soll der Effekt des Emotionsausdrucks auf den Gesichterpeak über T5 und T6, und für weitere Komponenten über den zentralen Einzelelektroden Fz, Cz und Pz überprüft werden. Des Weiteren soll eine topographische Auswertung durchgeführt werden, da die Arbeiten von Pizzagalli et al. (1998) und von Skrandies (1998) bei allgemein emotionalen Bildern einen Effekt des emotionalen Inhalts auf die Verteilung des hirnelektrischen Feldes nahe legen.

Um die Auswahl der Reizkategorie „Trauer“ in den beiden ersten Messungen beurteilen zu können, sollen in einer dritten Messung der ersten Untersuchung die EKPs sowohl auf Gesichter mit den Gesichtsausdrücken „Trauer“ als auch auf „Furcht“, „Ekel“, „Überraschung“ und „Ärger“ abgeleitet werden, und auf vergleichbare Effekte wie in den ersten beiden Messungen überprüft werden.

3.1.2. Hypothese und Fragestellungen

- Hypothese

- Die EKPs auf Gesichter sind über den Elektrodenpositionen T5 und T6 negativer und über Cz positiver als auf die Kontrollstimuli ca. 170 ms nach Stimulusonset.

- weitere Fragestellungen

Messung 1

- Zeigt sich auch in der GFP eine erhöhte Aktivität auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollstimuli zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks?
- Gibt es Unterschiede zwischen den EKPs von Gesichtern und Gebäuden zeitlich vor und nach dem Gesichterpeak?
- Findet sich eine statistisch stärkere Aktivierung im Gyrus Fusiformis auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollstimuli zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks?
- Unterscheiden sich die Amplituden des Gesichterpeaks über den Elektrodenpositionen T5 und T6 in Abhängigkeit vom emotionalen Gesichtsausdruck?

Messung 2

- Unterscheiden sich die Amplituden des Gesichterpeaks über den Elektrodenpositionen T5 und T6 in Abhängigkeit vom emotionalen Gesichtsausdruck?
- Unterscheiden sich die Amplituden der EKPs über den zentralen Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz in Abhängigkeit vom emotionalen Gesichtsausdruck?
- Unterscheiden sich die GFP und die topographischen Parameter in Abhängigkeit vom emotionalen Ausdruck in den verschiedenen EKP-Komponenten?

Messung 3

- Welche Unterschiede ergeben sich in den EKPs, sowohl in den Maßen der Einzelelektroden als auch in den topographischen Parametern, bei der Verarbeitung von Gesichtsausdrücken die „Trauer“, „Furcht“, „Ekel“, „Überraschung“ und „Ärger“ darstellen?

3.1.3. Methode

In dieser Untersuchung werden drei EEG-Messungen während der visuellen Verarbeitung von Gesichtern und zum Teil von Gebäuden mit leicht unterschiedlicher Instruktion durchgeführt. Die Auswahl der Stimuli erfolgte in einem Vorversuch, der zunächst genauer dargelegt werden soll.

3.1.3.1. Voruntersuchung zur Auswahl geeigneter Gesichtsstimuli

Das Ziel der ersten Voruntersuchung war die Auswahl geeigneter Gesichtsstimuli für die EEG-Untersuchungen. Als Basis der Auswahl diente das Set „Pictures of Facial Affect“ von Ekman & Friesen (1976), in dem verschiedene Personen mit den Gesichtsausdrücken der Basisemotionen „Freude“, „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“ und „Überraschung“ und einem neutralen Gesichtsausdruck dargestellt sind. Die Bilder aus diesem Set wurden von Prof. Ellgring in digitaler Form zur Verfügung gestellt. In der Voruntersuchung sollten diejenigen Stimuli ausgewählt werden, die auch bei einer sehr kurzen Darbietungszeit von 500 ms möglichst gut dem richtigen Gesichtsausdruck zugeordnet werden können.

- Stichprobe

An der ersten Voruntersuchung nahmen 36 Personen, 18 Männer und 18 Frauen, aus dem Bekanntenkreis des Autors teil. Das durchschnittliche Alter der Männer betrug 32.6 ± 5.8 Jahre, das durchschnittliche Alter der Frauen lag bei 33.7 ± 12.2 Jahren.

- Untersuchungsablauf

Die Voruntersuchung fand im neurophysiologischen Labor der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Würzburg statt. Die Versuchspersonen saßen in einem abgedunkelten Versuchsraum im Abstand von 100 cm vor einem Computermonitor. Unter dem Monitor war eine Tafel mit sieben Antwortkategorien, sechs Emotionen („Freude“, „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“, „Überraschung“) und „Neutral“ angebracht. Nach der Instruktion, die folgenden Gesichter aufmerksam zu betrachten und anschließend den Gesichtsausdruck einer der angegebenen Kategorien zuzuordnen, wurden 94 Stimuli quasirandomisiert (zwei verschiedene Variationen) auf einem Computerbildschirm für jeweils 500 ms dargeboten. Das Interstimulusintervall betrug 4.5 Sekunden. Die Zuordnung der Gesichtsausdrücke zu den Emotionskategorien wurde vom Versuchsleiter auf einem Antwortbogen schriftlich festgehalten.

- Stimuli

Es wurden 94 Bilder von 14 verschiedenen Personen, 6 Männern und 8 Frauen, aus dem Set „Pictures of Facial Affect“ (Ekman & Friesen, 1976) dargeboten. Insgesamt bestand das Versuchsmaterial aus 16 Abbildungen von Gesichtern mit dem Emotionsausdruck „Freude“, 13 Abbildungen mit dem Gesichtsausdruck „Trauer“, 12 Abbildungen mit dem Gesichtsausdruck „Furcht“, 15 Abbildungen mit dem Gesichtsausdruck „Ärger“, 13 Abbildungen mit dem Gesichtsausdruck „Überraschung“, 13 Abbildungen mit dem Gesichtsausdruck „Ekel“ und 12 Gesichtern mit einem neutralen Gesichtsausdruck. Die Kodierung des Versuchsmaterials in dieser Arbeit entspricht der Kodierung aus der Originalarbeit von Ekman & Friesen (1976).

- Auswahl der Stimuli

Die verschiedenen Stimuli konnten unterschiedlich gut den richtigen Emotionskategorien zugeordnet werden (siehe Anhang: Tabellen VV1_1 bis VV1_4). Die Leistung der richtigen Emotionsdekodierung reichte von 36.1 % (Bild „EM4_24“, „Trauer“ als Gesichtsausdruck) bis zu 100% für mehrere Stimuli. Durch die zum Teil 100% richtige Zuordnung der Stimuli zu den Emotionskategorien kann man davon ausgehen, dass die VPn motiviert waren, die Aufgabe durchzuführen. Im Vergleich zu den Originaldaten (Ekman & Friesen, 1976) fällt auf, dass in dieser Voruntersuchung die richtige Zuordnung der Stimuli im Durchschnitt etwas schlechter gelang, bei einigen Abbildungen jedoch auch erstaunlicherweise deutlich besser (z.B. Bild „JJ-3-04“ oder „JM-1-09“).

Die Auswahlkriterien des Stimulusmaterials richten sich nach den Anforderungen der verschiedenen Paradigmen. Je Paradigma sollten die Bilder von mindestens vier unterschiedlichen Darstellern, zwei Männern und zwei Frauen, verwendet werden.

Im ersten Paradigma der ersten EEG-Untersuchung „Gesichterpeak“ wird die Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich zu anderen komplexen Reizen untersucht. Um eine Aussage über den Einfluss des Gesichtsausdrucks auf die Gesichtsverarbeitung treffen zu können, sollen im ersten Paradigma Gesichter mit einem positiven, negativen und neutralen Gesichtsausdruck verwendet werden. Als positiver Gesichtsausdruck wurde „Freude“ gewählt, als negativer Gesichtsausdruck „Trauer“. Die Auswahl des Gesichtsausdrucks „Trauer“ statt eines anderen negativen Gesichtsausdrucks ist willkürlich, da hierzu keine Vorbefunde vorliegen. Im dritten Paradigma wird die Verarbeitung der restlichen Gesichtsausdrücke aus dem Set von

Ekman & Friesen (1976, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“, „Überraschung“) dargestellt, um die Auswahl von „Trauer“ zu überprüfen.

Im zweiten Paradigma wird die Unterscheidung positiver, negativer und neutraler Gesichtsausdrücke untersucht. Der Unterschied zum ersten Paradigma ist, dass die VPn die Instruktion erhalten, die Gesichtsausdrücke den Kategorien positiver, negativer und neutraler Gesichtsausdruck zuzuordnen, während im ersten Paradigma die Instruktion gegeben wird, Gesichter von den Kontrollstimuli zu unterscheiden.

Aufgrund der geringen Anzahl adäquater Stimuli wird in Paradigma eins und zwei dasselbe Reizmaterial verwendet. In Paradigma drei können aufgrund der unterschiedlichen Gesichtsausdrücke auch unterschiedliche Darsteller gewählt werden.

Zur Auswahl der Stimuli wurde von jedem Darsteller aus dem Set für die wesentlichen Emotionskategorien („Freude“, „Trauer“, „Neutral“ bei Paradigma 1 und 2, „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“ und „Überraschung“ für Paradigma 3) die mittlere Trefferquote der VPn berechnet (Tabelle 1).

Tabelle 1. Durchschnittliche Trefferquote des verwendeten Bildmaterials für Paradigma 1, 2 und 3

Darsteller (Geschlecht)	Paradigma 1 und 2	Darsteller (Geschlecht)	Paradigma 3
JJ (m)	94 %	WF (m)	85 %
JM (w)	93 %	PF (w)	80 %
PE (m)	88 %	MO (w)	80 %
PF (w)	87 %	PE (m)	78 %
MF (w)	87 %	MF (w)	77 %
MO (w)	87 %	JJ (m)	69 %
A (w)	86 %	EM (m)	65 %
SW (w)	85 %	C (w)	65 %
C (w)	84 %		
EM (m)	74 %		
WF (m)	74 %		

Anmerkung: Die fehlenden Darsteller in der Tabelle im Vergleich zur Originalarbeit haben in dem vorliegenden Stimulusmaterial in einer der darzustellenden Emotionen kein entsprechendes Bild; m = männlich; w = weiblich; Paradigma 1 = Gesichterpeak; Paradigma 2 = emotionale Gesichtsausdrücke; Paradigma 3 = negative Gesichtsausdrücke.

Die Bilder der zwei besten männlichen und weiblichen Darsteller wurden als Stimulusmaterial ausgewählt (Paradigma 1 und 2: JJ, JM, PE und PF; Paradigma 3: WF, PF, MO, PE). Für diese Darsteller ist in Tabelle 2 (Paradigma 1 und 2) und Tabelle 3 (Paradigma 3) die Trefferquote für die verschiedenen Emotionskategorien wiedergegeben.

Tabelle 2. Trefferquote des verwendeten Bildmaterials für die Paradigmata „Gesichterpeak“ und „Emotionale Gesichtsausdrücke“ (Paradigma 1 und 2) je Emotionskategorie

Darsteller	Geschlecht	Neutral	Freude	Trauer
JM	weiblich	83 %	97 %	97 %
PF		94 %	97 %	69 %
PE	männlich	100 %	100 %	64 %
JJ		97 %	100 %	86 %
	∅	94 %	99 %	79 %

Anmerkung: Darsteller = Kodierung der dargestellten Personen nach der Originalkodierung von Ekman & Friesen (1976). ∅ = durchschnittliche Trefferquote je Emotionskategorie.

Tabelle 3. Trefferquote des verwendeten Bildmaterials für das Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ (Paradigma 3) je Emotionskategorie

Kodierung	Geschlecht	Trauer	Furcht	Ärger	Überraschung	Ekel
MO	weiblich	69 %	58 %	89 %	92 %	92 %
PF		69 %	78 %	92 %	92 %	92 %
PE	männlich	64 %	83 %	86 %	89 %	69 %
WF		67 %	67 %	100 %	81 %	86 %
	∅	67 %	72 %	92 %	89 %	85 %

Anmerkung: Darsteller = Kodierung der dargestellten Personen nach der Originalkodierung von Ekman & Friesen (1976). ∅ = durchschnittliche Trefferquote je Emotionskategorie

3.1.3.2. Stimulationsparameter und Erfassung der Erkennungsleistung

In jedem Paradigma wurden die Stimuli für 500 ms mit einem Interstimulusintervall von 2000 ms auf einem Computerbildschirm dargeboten. Die Darbietungsreihenfolge der einzelnen Stimuli war für jede VP gleich.

Im Paradigma „Gesichterpeak“ wurden die Bilder von 4 Darstellern (2 Frauen, 2 Männer) mit den Gesichtsausdrücken „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ und drei Ansichten von vier unterschiedlichen Gebäuden jeweils 8 mal wiederholt gezeigt.

Im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ wurden dieselben Gesichtsbilder je acht mal wiederholt präsentiert. Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ wurden Bilder der emotionalen Gesichtsausdrücke „Ärger“, „Furcht“, „Ekel“, „Trauer“ und „Überraschung“ von vier Darstellern (2 Frauen, 2 Männer) je acht mal wiederholt gezeigt

Die Versuchspersonen erhielten die Instruktion, bei jedem gezeigten Bild die Fragestellung des jeweiligen Paradigmas in Gedanken zu entscheiden. Im ersten Paradigma „Gesichterpeak“ war die Aufgabe, das dargebotene Bild der Kategorie „Gesicht“ oder „Gebäude“, und im zweiten Paradigma das gezeigte Gesicht der Kategorie „positiver“, „negativer“ oder „neutraler“ Gesichtsausdruck zuzuordnen. Im dritten Paradigma mussten die VPn entscheiden, ob das präsentierte Gesicht den Gesichtsausdruck „Furcht“, „Ekel“, „Trauer“, „Überraschung“ oder „Ärger“ zeigte.

Um ein Verhaltensmaß für die Erkennungsleistung zu erhalten, wurden die VPn in jedem Paradigma durch eine Instruktion am Bildschirm aufgefordert, für das letzte dargebotene Bild ihre Entscheidung laut auszusprechen. Das Ergebnis wurde vom Versuchsleiter aufgezeichnet. Die Aufforderung erfolgte je einmal für jedes der verwendeten Bilder pro Paradigma.

Die mittlere Fehlerrate des ersten Paradigmas lag bei 0.8%, d.h. nur 0.8% der erfragten Stimuli wurden falsch wiedergegeben. Die mittlere Fehlerrate des zweiten Paradigmas lag bei 4.2%. Fünf neutrale Gesichter wurden als negativ, ein neutrales als positiv, ein negatives als neutral und ein positives als negativ beschrieben. Vier VPn machten einen Fehler und zwei VPn machten zwei Fehler. Im dritten Paradigma lag die mittlere Fehlerrate bei 16.6%. „Trauer“ wurde zu 75%, „Ärger“ zu 96.9%, „Furcht“ zu 84.4%, „Ekel“ zu 82.8% und „Überraschung“ zu 78.1% richtig erkannt.

3.1.3.3. Versuchsplan

Nach Montage der Elektroden führte jede VP drei verschiedene Paradigmen durch. Die Reihenfolge der Paradigmen wurde nicht variiert, so dass für jede VP erst das Paradigma „Gesichterpeak“, dann die Paradigmen „Emotionaler Gesichtsausdruck“ und „Negative Gesichtsausdrücke“ durchgeführt wurden. Durch dieses Vorgehen sollte verhindert werden, dass die VPn im Paradigma 1 „Gesichterpeak“ automatisch eine Emotionsdekodierung durchführen. In Tabelle 4 ist eine Übersicht der durchgeführten Paradigmen dargestellt.

Tabelle 4. Versuchsplan der 1. Untersuchung

Paradigma	Stimuli (n)	Prozess	Stimuli gesamt (n)
„Gesichterpeak“	-96 Gebäude -96 Gesichter -32 Freude -32 Trauer -32 Neutral	Gesichtsverarbeitung	192
„emotionaler Gesichtsausdruck“	Gesichter -32 Freude -32 Trauer -32 Neutral	Emotionserkennung positiver und negativer Gesichtsausdrücke	96
„negative Gesichtsausdrücke“	Gesichter -32 Ärger -32 Furcht -32 Ekel -32 Trauer -32 Überraschung	Differenzierung negativer Gesichtsausdrücke	160
			448*2,5 sek = = 18 min 40 sek

3.1.3.4. Versuchspersonen

An der Untersuchung nahmen 16 Personen, 8 Männer und 8 Frauen, teil. Eine Versuchsperson war linkshändig, eine VP beidhändig, die restlichen 14 Versuchspersonen waren rechtshändig. Das durchschnittliche Alter der Männer lag bei 26.5 ± 7.2 Jahren, der Frauen bei 21.8 ± 2.6 Jahren.

3.1.3.5. EEG-Aufzeichnung und Auswertung

Die elektrophysiologischen Untersuchungen fanden in einem elektrisch abgeschirmten, leicht abgedunkelten und von Lärm isolierten Raum statt. Das EEG wurde mit einem 32-Kanal DC-Verstärker (Brain-Star System) und einer Aufnahme-

Software (NeuroScan) aufgezeichnet. Die Elektroden wurden mit Elektrodencreme nach dem erweiterten internationalen 10-20 System (Fp1, Fpz, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, Oz, O2; siehe Abbildung 2) auf die Kopfhaut angebracht. Als Referenz dienten verbundene Mastoid Elektroden mit einem 10 k Ω Widerstand. Zur Kontrolle von Augenartefakten wurden zusätzlich zwei Elektroden (EOG) an den äußeren Seiten der Augen und eine unterhalb des rechten Auges abgeleitet. Die Aufnahme-Rate (A/D-Rate) lag bei 256 Hz. Die Daten wurden online mit einem Tiefpass von 70 Hz und einem Hochpass von 0.1 Hz gefiltert. Alle Impedanzen lagen unter 5 k Ω . Vor der Aufzeichnung erfolgte eine Kalibrierung mit einem externen Kalibrationssignal von 100 μ V und 10 Hz Sinus Wechselspannung.

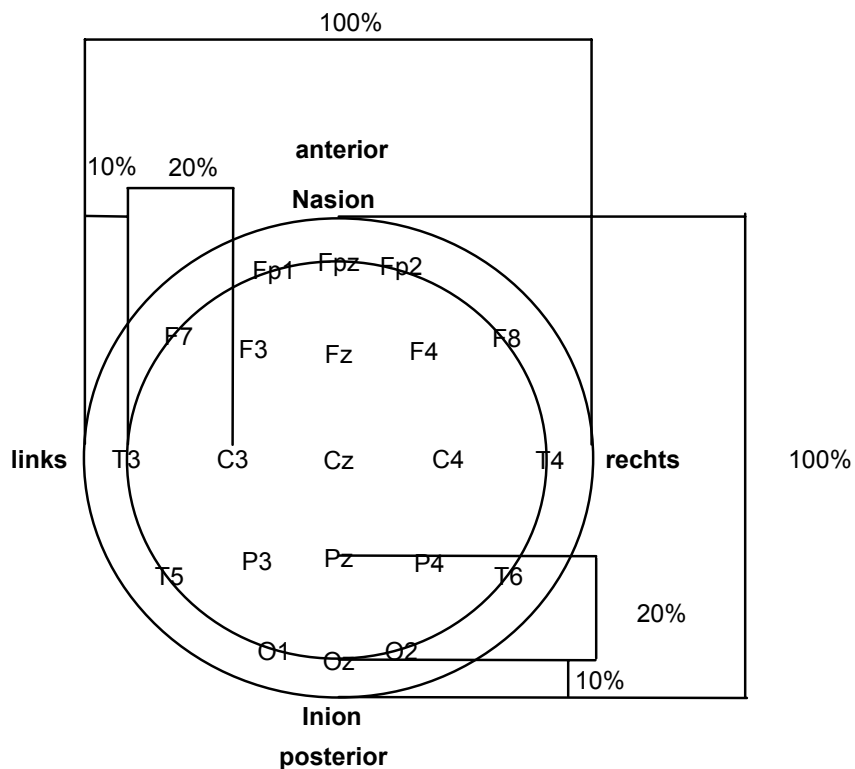


Abbildung 2. Internationales 10-20 System. Dargestellt ist ein schematischer Kopf von oben.

- Berechnung der ereigniskorrelierten Potentiale

Zur Bestimmung artefaktfreier EEG-Epochen wurden jeweils ab der Markerposition alle EEG und EOG Kanäle auf Amplituden über $\pm 98 \mu$ V für den jeweiligen zu untersuchenden Zeitraum automatisch von einem Computerprogramm überprüft und gegebenenfalls von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Bei einer genügenden Anzahl von artefaktfreien EEG-Epochen (≥ 20) wurden für jede Person

und jede Bedingung die EEG-Epochen zu einem ereigniskorrelierten Potential (EKP) gemittelt. In der ersten und zweiten Messung hatten alle 16 Vpn genügend artefaktfreie EEG-Epochen, in der dritten Messung nur 13 Personen.

- Segmentierung

Bei der Segmentierung des EKPs über Einzelelektrodenpositionen wurden im mittleren Kurvenverlauf über alle Personen und Bedingungen maximale positive und negative Peaks visuell bestimmt. Die vorausgehenden und nachfolgenden lokalen Maxima (bei negativen Komponenten) bzw. Minima (bei positiven Komponenten) dienten als Segmentgrenzen. Zur Bestimmung der Segmentgrenzen anhand topographischer Merkmale wurde das Computerprogramm KEYSEG (Koenig & Lehmann, 1996) verwendet. Als Ausgangswerte dienten die über alle Personen und Bedingungen gemittelten EKP-Daten. In der von dem Computerprogramm KEYSEG verwendeten Methode werden Veränderungen der Topographie über die Zeit gemessen und die Wahrscheinlichkeitsfunktion für die Segmentgrenzen dargestellt. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion wurde im Anschluss durch Mitteln über vier Messzeitpunkte geglättet. Durch dieses Vorgehen konnte eine vergleichbare Segmentierung der einzelnen Paradigmen zwischen den beiden ersten Untersuchungen durchgeführt werden. Die Segmentierung erfolgte für alle drei Messungen getrennt

Bei der ersten Messung wurde zur Berechnung des Gesichterpeaks über den Einzelelektroden der Zeitbereich von 109.4 ms bis 222.7 ms ausgewählt. Die topographische Segmentierung der gefilterten Daten ergab Segmentgrenzen bei 89.8 ms, 125.0 ms, 183.6 ms, 355.5 ms, 410.2 ms und 453.1 ms.

Für die zweite Messung wurde für die Einzelelektroden T5 und T6 der Zeitbereich des Gesichterpeaks von 109.4 ms bis 230.5 ms ausgewählt. Der Kurvenverlauf der Elektroden Fz, Cz wurde in die Segmente P3 von 238.3 ms bis 312.5 ms, in P4 von 312.5 ms bis 414.1 ms und in P5 von 414.1 ms bis 628.9 ms eingeteilt (siehe Abbildungen A1 - A3 im Anhang). Für die Elektrode Pz wurden die Segmente P3 von 199.2 ms bis 378.9 ms, P4 von 378.9 ms bis 472.7 ms und P5 von 472.7 ms bis 628.9 ms festgelegt. Die topographische Segmentierung der gefilterten Daten ergab die Segmentgrenzen von 85.9 ms bis 128.9 ms, von 128.9 ms bis 187.6 ms, von 187.6 ms bis 355.5 ms, von 355.5 ms bis 394.5 ms, von 394.5 ms bis 453.1 ms, von 453.1 ms bis 511.7 ms, von 511.7 ms bis 605.5 ms und von 605.5 ms bis 648.4 ms.

Im dritten Paradigma wurde der Kurvenverlauf der Elektroden Fz und Cz wurde in die Segmente P3 von 222.7 ms bis 308.6 ms, P4 von 308.6 ms bis 418.0 ms und P5 von 418.0 ms bis 621.1 ms eingeteilt (siehe Abbildung A4 im Anhang). Für die Elektrode Pz wurden die Segmente P3 von 183.6 ms bis 382.8 ms und P4 von 382.8 ms bis 632.8 ms festgelegt. Die topographische Segmentierung der gefilterten Daten ergab Segmentgrenzen bei 89.8 ms, 128.9 ms, 179.7 ms, 351.6 ms, 394.5 ms, 425.8 ms, 480.5 ms, 511.7 ms und bei 605.5 ms.

- Abgeleitete Variablen in der Mehrkanalauswertung

Für die Beschreibung der gesamten hirnelektrischen Aktivität bei einer Mehrkanalableitung wurde von Lehmann die Globale Feldstärke (Global Field Power, GFP) eingeführt. Diese Einführung hat sich durch die Überlegungen der Referenzabhängigkeit der Einzelkanalbetrachtung ergeben (Lehmann, 1992). Bei der Analyse einzelner Kanäle der EEG-Ableitung werden Komponenten aufgrund der maximalen Amplituden bestimmt, und anschließend nach ihrer Latenz benannt. Da aber im EEG immer nur Potentialdifferenzen zwischen zwei Elektroden gemessen werden und der Verlauf der Potentialschwankungen der Zielelektrode von der verwendeten Referenz abhängt, führt die Betrachtung eines Elektrodenverlaufs bei mehreren möglichen Referenzelektroden zu keiner eindeutigen Lösung bezüglich der Latenz der Komponenten. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit ein Referenz unabhängiges Maß, die GFP, einzuführen. Zur Beschreibung der Verteilung der gesamten hirnelektrischen Aktivität über die Schädeloberfläche werden die Schwerpunkte des positiven und negativen Feldes berechnet (Centroide).

Zur Berechnung der GFP werden alle möglichen Potentialdifferenzen zwischen jeweils zwei Elektroden quadriert, summiert, durch die doppelte Anzahl der Elektroden dividiert und hieraus die Wurzel gezogen.

$$GFP = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (u_i - u_j)^2}$$

n = Anzahl der Elektroden

u_x = Amplitude über der Elektrode x

Zur Berechnung des positiven Centroids werden alle positiven Amplituden mit der entsprechenden Lokalisation der Elektroden im Koordinatensystem multipliziert und durch die Summe der positiven Amplituden dividiert, für den negativen Centroid gehen entsprechend die negativen Amplituden in die Berechnung ein. Die Berechnung der Lokalisation wird für die anterior-posterior Richtung (CY) und die links-rechts Richtung (CX) durchgeführt

$$Cx_{positiv} = \frac{\sum_{u>0} u_i * x_i}{\sum_{u>0} u_i} \quad Cx_{negativ} = \frac{\sum_{u<0} u_i * x_i}{\sum_{u<0} u_i} \quad \begin{array}{l} u_y = \text{Amplitude über der Elektrode } y \\ x_y = \text{Koordinate der Elektrode } y \end{array}$$

In Abbildung 3 sind schematisch die Anordnung der Elektrodenpositionen und das zur Berechnung der Centroidlokalisationen verwendete Koordinatensystem dargestellt. Das Koordinatensystem ist in der links-rechts Richtung (CX) von 1 bis 5 und ebenso in der anterior-posterior Richtung (CY) von 1 bis 5 aufgespannt. Ein Centroidwert von CX = 3 bezüglich der links-rechts Achse bedeutet eine Lokalisation des Centroids auf der Mittellinie von Fpz, Fz, Cz, Pz und Oz. Die genaue Lokalisation auf dieser Mittellinie wird durch den zweiten Centroidwert in der anterior-posterior Achse bestimmt. Bei dem oben aufgeführten Beispiel wäre der Centroid mit einem Wert von CY = 2 auf der anterior-posterior Achse genau auf der Position Fz lokalisiert. Wie in der Formel zur Berechnung der Centroide zu erkennen ist, werden nicht nur ganzzahlige Lokalisationen berechnet. Ein Centroid mit einem Wert von CY = 2.5 auf der anterior-posterior Achse würde zwischen Fz und Cz liegen (bei CX = 3).

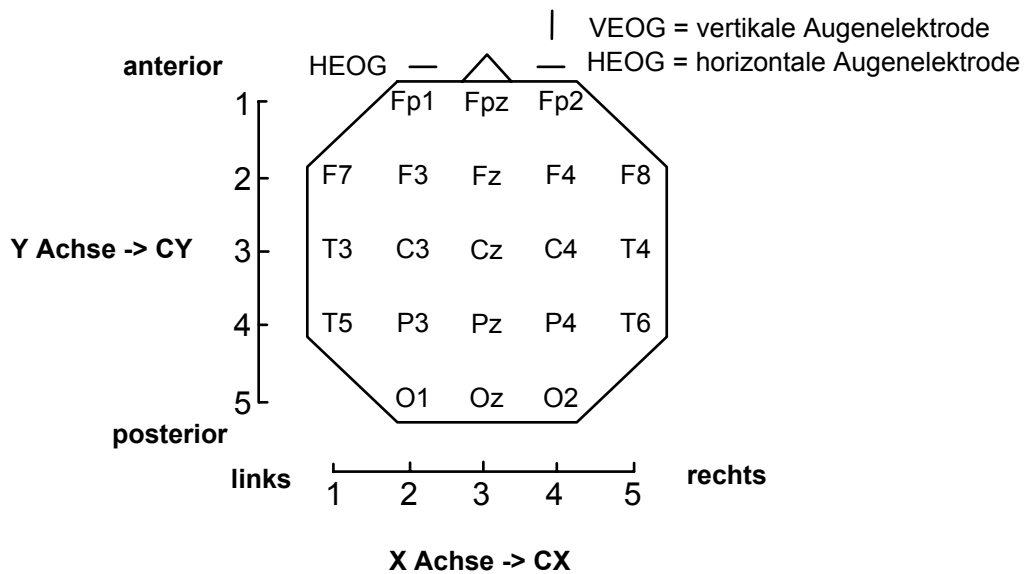


Abbildung 3. Koordinatensystem zur Berechnung der Centroidlokalisationen

- Dreidimensionale Generatorenberechnung mit LORETA

Mittels Messung der elektrischen Hirnaktivität auf der Kopfoberfläche kann die Lokalisation und Stärke der im Hirn liegenden Generatoren ohne Annahme einschränkender Bedingungen nicht bestimmt werden; dies ist als „inverses Problem“ bekannt (Michel et al., 1999). Mathematische Lösungsversuche für die Quellenlokalisierung benötigen z.B. Angaben über die Anzahl, die Symmetrie und auch die Lokalisationsbereiche der Generatoren. Da aber das Wissen über die aktiven elektrischen Quellen während kognitiver Aufgaben unzureichend ist, sind solche Angaben mehr oder weniger willkürlich.

Die Low-Resolution-Electromagnetic-Tomography (LORETA; Pascual-Marqui, Michel & Lehmann, 1994) ist eine dreidimensionale Quellenlokalisationsmethode, die als einzige Voraussetzung der Lösung annimmt, dass die Aktivität von benachbarten zerebralen aktiven Neuronen sich nur gering in Stärke und Orientierung unterscheidet. Für diese grundlegende Annahme gibt es eine zunehmende Evidenz (Bland & Colom, 1993). Mathematisch betrachtet sucht der LORETA-Algorithmus nach der glattesten aller möglichen Lösungen, was eine in der allgemeinen Signalverarbeitung gut etablierte Prozedur ist (Titterton, 1985). Die LORETA-Methode ist in der Lage, für jede an der Schädeloberfläche gemessene Verteilung der hirnelektrischen Aktivität eine dreidimensionale

Verteilung der zerebralen Quellen (Stromdichte) anzugeben, die allerdings durch den Glättungsmechanismus eine relativ geringe, randunscharfe, räumliche Auflösung hat.

Mit der LORETA-Methode wird aus der mit 21 Elektroden gemessenen Verteilung der Amplituden an der Kopfoberfläche die drei-dimensionale Lokalisation der zugrundeliegenden hirnelektrischen Quellen berechnet (Pascual-Marqui et al., 1994). LORETA verwendet dazu den Algorithmus

$$V_e = \sum_{i=1}^M \mathbf{K}_{ei} \bullet \mathbf{J}_i + c \quad e = 1..N_E$$

wobei V_e das Oberflächenpotential an der e-ten Elektrode, J_i der Stromdichte-Vektor am i-ten diskreten Punkt des Hirnvolumens, K_{ei} ein Transfer-Koeffizient, c eine von der Referenzelektrode abhängige Konstante und ' $\mathbf{K} \bullet \mathbf{J}$ ' das Skalar-Produkt zwischen den Vektoren \mathbf{K} und \mathbf{J} ist. Mit LORETA wird aus der unendlichen Anzahl möglicher Lösungen dieser Gleichung die glättteste berechnet.

In der Weiterentwicklung der LORETA-Methode wurde der neuroanatomische Raum nach Talairach (Talairach & Tournoux, 1993, MNI 305) implementiert, so dass jetzt die LORETA-Quellenlokalisierung auf der Grundlage von X-, Y- und Z-Werten anatomisch definierten Hirnstrukturen zugeordnet werden kann.

LORETA wurde in einer Vielzahl von EEG-Untersuchungen zur Quellenlokalisierung herangezogen. Pascual-Marqui, Esslen, Kochi & Lehmann (2002) führen in ihrer Überblicksarbeit zahlreiche Studien auf, die eine physiologisch sinnvolle Quellenlokalisierung der hirnelektrischen Aktivität während einfacher visueller und akustischer Stimulation finden. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass LORETA bei unterschiedlichen Stichproben, aber demselben kognitiven Paradigma, vergleichbare Quellen generiert (Fallgatter et al., 2002; Herrmann & Fallgatter, zur Publikation eingereicht). Man kann daher davon ausgehen, dass LORETA sowohl eine valide als auch reliable Methode zur Quellenlokalisierung von EEG-Daten darstellt.

3.1.4. Ergebnisse

3.1.4.1. Verarbeitung von Gesichtern

- *Gesichterpeak in den Einzelelektroden*

Die Gesichtsstimuli führen zu signifikant höheren Amplituden im Zeitbereich von 109.4 ms bis 222.7 ms im Vergleich zu den Kontrollreizen, sowohl über den temporalen Elektrodenpositionen T5 ($m_{\text{Gesicht}} = -3.46 \pm 2.06$; $m_{\text{Gebäude}} = -0.34 \pm 2.73$; $t[15] = 4.40$; $p < 0.001$) und T6 ($m_{\text{Gesicht}} = -4.42 \pm 4.87$; $m_{\text{Gebäude}} = -0.09 \pm 3.90$; $t[15] = 4.50$; $p < 0.001$) als auch über der zentralen Position Cz ($m_{\text{Gesicht}} = 4.31 \pm 2.97$; $m_{\text{Gebäude}} = 2.50 \pm 2.17$; $t[15] = -5.28$; $p < 0.001$). In der Abbildung 4 ist der Verlauf der EKPs über die drei Elektrodenpositionen dargestellt.

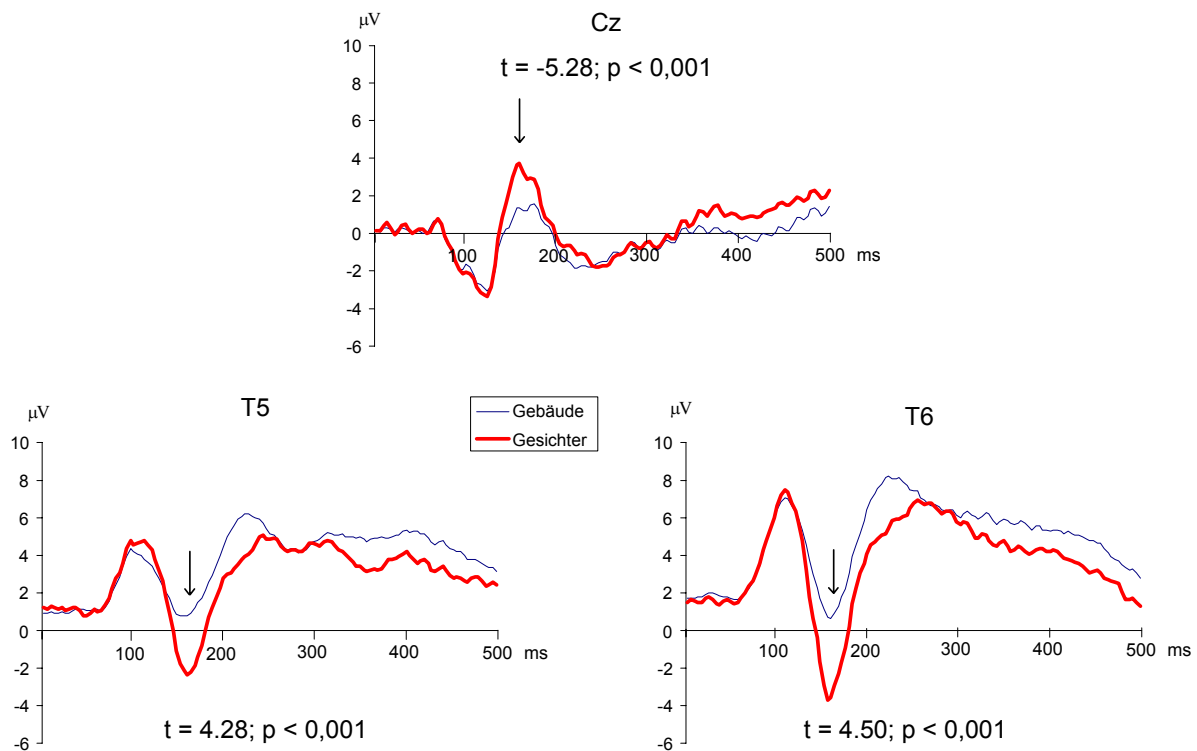


Abbildung 4. Gesichterpeak über den Einzelelektroden. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien) über 3 Einzelelektrodenpositionen (Cz, T5, T6). Die Pfeile markieren den Gesichterpeak.

- *Gesichterpeak in der GFP*

Der Gesichterpeak zeigt sich von 125.0 ms bis 183.6 ms in einer signifikant höheren GFP auf Gesichter (4.66 ± 1.70) als auf die Kontrollreize (3.77 ± 1.73 ; $t[15] = 3.67$; $p < 0.01$). In Abbildung 5 ist der Verlauf der GFP dargestellt. Wie in Tabelle 5 dargestellt, ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in der Topographie der

hirnelektrischen Felder zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks zwischen Gesichtern und Gebäuden.

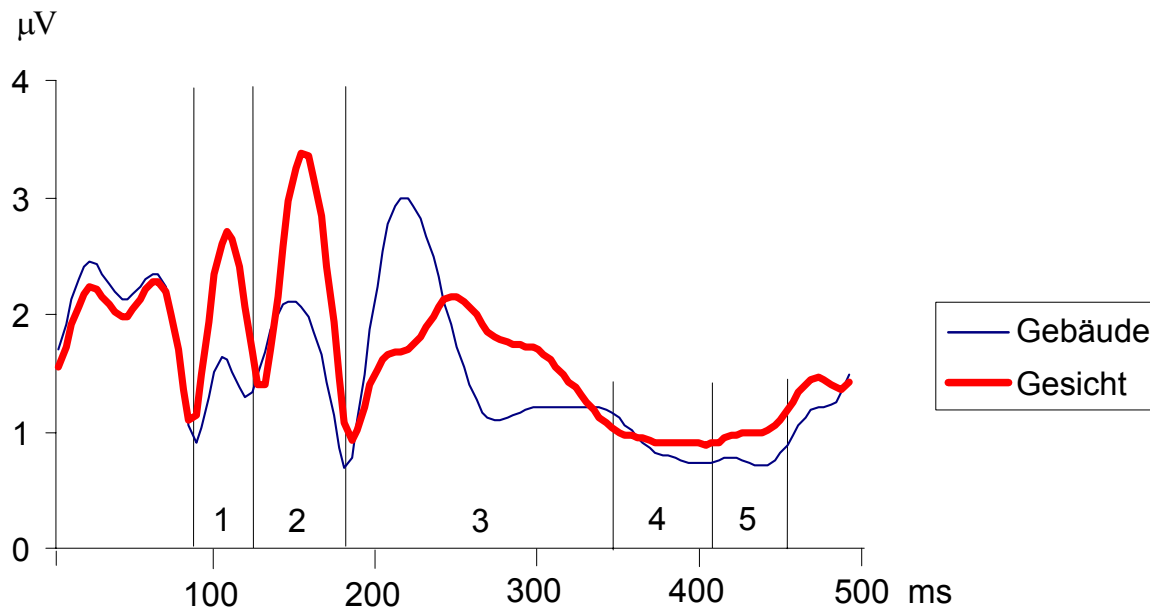


Abbildung 5. Gesichterpeak in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien). Die vertikalen Linien geben die Segmentgrenzen wieder.

Der erste Unterschied in der GFP zwischen Gesichtern und Kontrollreizen tritt im ersten Segment von 89.8 ms - 125.0 ms auf. Die GFP auf Gesichter (3.64 ± 1.67) ist signifikant stärker ausgeprägt als auf die Kontrollreize (3.02 ± 1.36 ; $t[15] = 2.60$; $p < 0.05$). Des Weiteren ist das positive Feld der hirnelektrischen Aktivität auf Gesichter (4.13 ± 1.05) signifikant weiter posterior gelegen als auf die Kontrollreize (3.73 ± 1.07 ; $t[15] = 2.84$; $p < 0.05$). Im vierten Zeitsegment ist der negative Centroid auf Gesichter (2.87 ± 0.31) weiter links lokalisiert als auf Gebäude (3.07 ± 0.26 ; $t[15] = 2.51$; $p < 0.05$).

Tabelle 5. Topographie der EKPs im Paradigma „Gesichterpeak“

Segment		Gebäude m ± sd	Gesicht m ± sd	t[15]	p
1	Latenz	106.45 ± 9.73	106.68 ± 8.63	-0.10	0.92
	GFP	3.02 ± 1.36	3.64 ± 1.67	-2.60	0.02
	CX+	3.23 ± 0.47	3.17 ± 0.46	0.78	0.45
	CY+	3.73 ± 1.08	4.13 ± 1.05	-2.84	0.01
	CX -	2.86 ± 0.38	2.93 ± 0.27	-0.91	0.37
	CY -	3.03 ± 1.01	2.63 ± 0.84	2.09	0.054
2	Latenz	146.02 ± 19.69	147.70 ± 16.02	-0.56	0.59
	GFP	3.77 ± 1.73	4.66 ± 1.7	-3.69	0.01
	CX+	3.11 ± 0.32	3.08 ± 0.26	0.52	0.61
	CY+	2.63 ± 1.27	2.65 ± 1.21	-0.07	0.95
	CX -	3.00 ± 0.26	3.13 ± 0.22	-1.96	0.07
	CY -	3.73 ± 1.03	3.89 ± 0.88	-0.77	0.45
3	Latenz	243.40 ± 56.25	237.07 ± 41.91	0.39	0.70
	GFP	3.70 ± 1.53	3.72 ± 1.3	-0.10	0.92
	CX+	3.06 ± 0.16	3.01 ± 0.27	0.68	0.51
	CY+	4.33 ± 0.63	4.08 ± 1.16	0.85	0.41
	CX -	2.98 ± 0.19	3.13 ± 0.39	-1.67	0.12
	CY -	2.06 ± 0.64	2.52 ± 0.94	-1.56	0.14
4	Latenz	371.84 ± 18.87	375.74 ± 18.55	-0.70	0.50
	GFP	1.91 ± 0.85	1.85 ± 0.69	0.51	0.62
	CX+	2.88 ± 0.36	3.15 ± 0.49	-1.97	0.07
	CY+	3.45 ± 0.84	3.25 ± 0.75	0.89	0.39
	CX -	3.07 ± 0.26	2.87 ± 0.31	2.51	0.02
	CY -	2.62 ± 1.20	2.66 ± 1.22	-0.13	0.90
5	Latenz	427.50 ± 15.82	427.50 ± 16.52	0.00	1.00
	GFP	1.53 ± 0.55	1.67 ± 0.86	-1.05	0.31
	CX+	2.79 ± 0.44	2.78 ± 0.44	0.03	0.98
	CY+	3.09 ± 0.8	3.21 ± 0.65	-0.68	0.51
	CX -	3.13 ± 0.24	3.11 ± 0.39	0.19	0.86
	CY -	3.28 ± 1.18	2.95 ± 1.22	1.35	0.20

Anmerkung: Dargestellt ist der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. t = t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

- Quellenanalyse des Gesichterpeaks mit LORETA

Über das zweite Segment (Gesichterpeak) gemittelt, zeigt sich eine signifikant stärkere Aktivierung im linken Gyrus Fusiformis, im Gyrus Cingulum, und im rechten Gyrus Frontalis auf Gesichtsreize im Vergleich zu den Kontrollreizen (Schwelle für $p < 0.05$; $Z > 3.98$; siehe Tabelle 6, Abbildung 6). Für das erste Segment ergeben sich

keine signifikanten Unterschiede in der Quellenlokalisierung zwischen den Bedingungen.

Tabelle 6. Lokalisation des Gesichterpeaks

	Talairach Koordinaten				Z-Wert
	BA	X	Y	Z	
Gyrus Fusiformis links	20	-38	-39	-20	-4.04
Gyrus Fusiformis links	36	-45	-46	-27	-4.04
Gyrus Fusiformis links	36	-45	-39	-20	-4.04
Gyrus Cingulum rechts	23	4	-25	29	-4.24
Gyrus Cingulum links	23	-3	-25	29	-4.24
mittlerer rechter Gyrus Frontalis	6	25	3	57	-4.35

Anmerkung: Lokalisationen des statistischen Vergleichs der LORETA Quellen zwischen Gebäude- und Gesichts-EKPs. BA = Brodman Area; X, Y, Z = Talairach Koordinaten in der X, Y, Z Richtung; Z-Wert = Z-Wert des statistischen Vergleichs für die entsprechende Lokalisation.

In Abbildung 6 sind drei transversale Schnitte durch die entsprechend signifikanten Hirnregionen dargestellt. Die linke Abbildung stellt die stärkere Aktivierung im linken Gyrus Fusiformis, die mittlere Abbildung des Gyrus Cingulum und die rechte Abbildung des rechten Gyrus Frontalis dar.

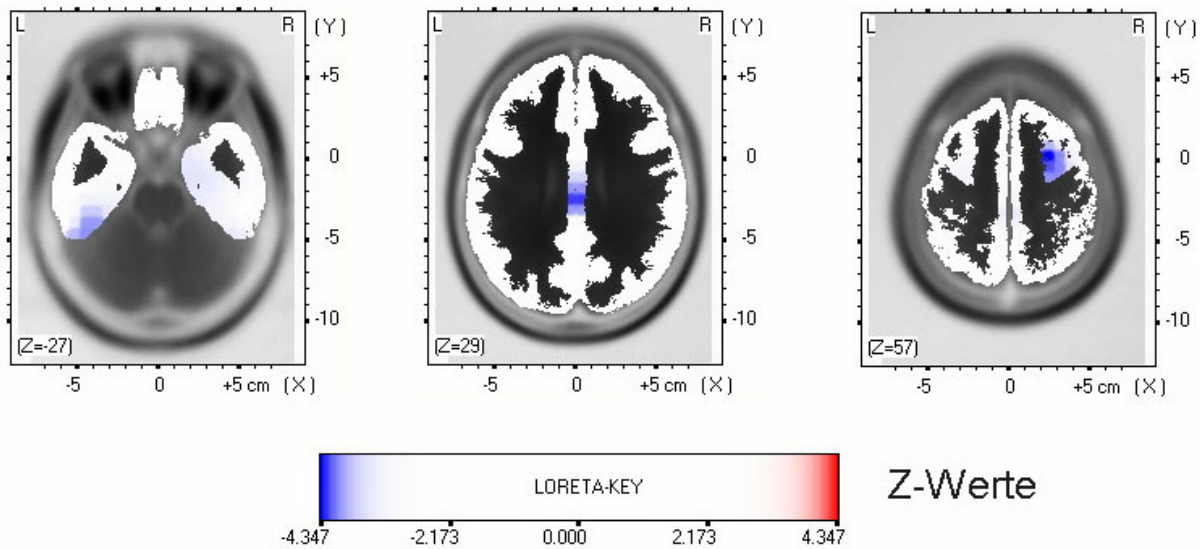


Abbildung 6. Gesichterpeak in LORETA. Graphische Darstellung der Z-Statistiken für die signifikanten Unterschiede zwischen Gebäude- und Gesichter-EKPs in transversalen Abbildungen. Die blaue Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung der Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.

- Emotionseffekt auf den Gesichterpeak¹

In der Einzelkanalauswertung über der Elektrodenposition T6 ergeben sich tendenziell unterschiedliche Amplituden zwischen den EKPs auf die drei emotionalen Gesichtsausdrücke ($F[2,30] = 3.27$; $p = 0.052$; Tabelle 7). Über der Elektrodenposition T6 sind die Amplituden des Gesichterpeaks auf „Freude“ signifikant höher als auf „Neutral“ ($t[15] = -2.38$; $p < 0.05$) und auf „Trauer“ tendenziell höher als auf „Neutral“ ($t[15] = -1.81$; $p < 0.10$). Die Amplituden in der Bedingung „Freude“ und „Trauer“ unterscheiden sich nicht signifikant ($t[15] = -0.35$; $p = 0.73$).

Abbildung 7 zeigt den Verlauf über die drei Elektrodenpositionen in Abhängigkeit vom emotionalen Gesichtsausdruck.

¹ Herrmann, Aranda, Ellgring, Mueller, Strik, Heidrich & Fallgatter, 2002

Tabelle 7. Emotionseffekte auf den Gesichterpeak

		Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
Amplitude (µV)	Cz	4.65 ± 2.89	4.84 ± 3.67	4.19 ± 2.96	1.50	2, 30	0.26
	T5	-3.80 ± 2.45	-3.99 ± 1.97	-3.42 ± 2.30	0.87	1,3, 19,3	0.39
	T6	-5.17 ± 5.31	-4.41 ± 4.66	-4.29 ± 4.62	3.27	2, 30	0.06
Latenz (ms)	Cz	156.3 ± 19.3	159.2 ± 11.7	167.0 ± 17.8	2.14	2, 30	0.14
	T5	162.8 ± 23.1	160.6 ± 22.1	163.8 ± 19.1	0.25	1,4, 20,8	0.70
	T6	154.1 ± 12.9	155.0 ± 8.2	152.8 ± 13.3	0.33	1,4, 20,9	0.65

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplituden und der Latenzen des Gesichterpeaks über den Elektrodenpositionen Cz, T5 und T6 auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

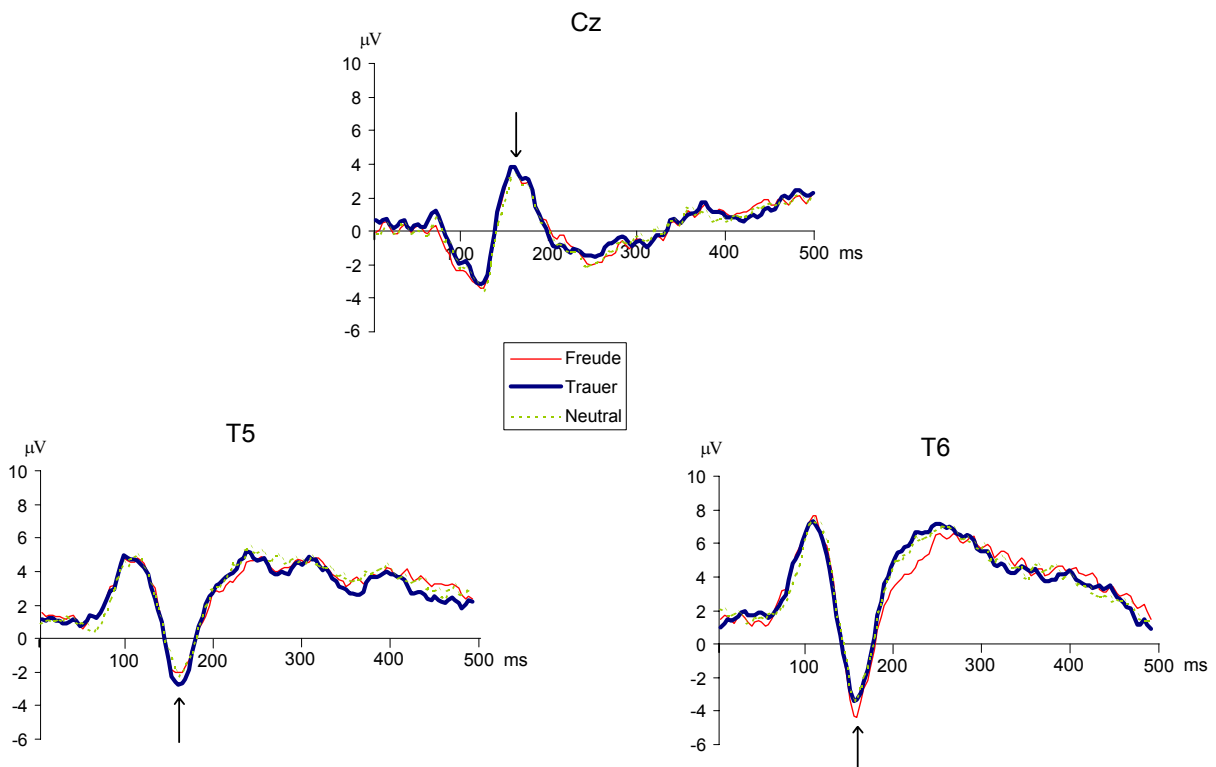


Abbildung 7. Emotionseffekt auf den Gesichterpeak über den Einzelelektroden. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck über drei Einzelelektrodenpositionen (Cz, T5, T6).

Sowohl in der GFP als auch in der topographischen Auswertung ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den EKPs auf die drei verschiedenen Gesichtsausdrücke zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks (Tabelle 8). Auch in den weiteren Zeitabschnitten unterschieden sich die Bedingungen nicht signifikant voneinander (Anhang Tabelle A1)

Tabelle 8. Topographische Auswertung der EKPs in Abhängigkeit des emotionalen Ausdrucks zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks (zweites Segment)

	Freude	Trauer	Neutral			
	m ± sd	m ± sd	m ± sd	F	df	p
Latenz	150.2 ± 15.8	147.9 ± 17.0	153.6 ± 16.4	1.56	1.4, 20.8	0.23
GFP	4.90 ± 1.69	4.79 ± 1.65	4.65 ± 1.81	1.12	2, 30	0.34
CX+	3.13 ± 0.27	3.06 ± 0.20	3.13 ± 0.23	0.90	2, 30	0.42
CY+	2.49 ± 1.10	2.59 ± 1.13	2.49 ± 1.03	0.21	1.4, 21.2	0.74
CX-	3.01 ± 0.50	3.12 ± 0.20	3.07 ± 0.39	0.69	1.5, 22.6	0.47
CY-	3.97 ± 0.86	3.87 ± 0.88	4.03 ± 0.69	0.84	2, 30	0.44

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

3.1.4.2. Unterscheidung positiver und negativer Gesichtsausdrücke

- Emotionseffekte auf den Gesichterpeak

Die Amplituden des Gesichterpeaks auf „Freude“, „Trauer“, „Neutral“ über den Elektrodenpositionen T5 und T6 unterscheiden sich in diesem Paradigma nicht signifikant voneinander (Tabelle 9). Der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 8 dargestellt.

Tabelle 9. Emotionseffekte für den Gesichterpeak

		Freude	Trauer	Neutral	F[2,30]	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd		
Amplitude (μV)	T5	-3.40 ± 2.72	-3.19 ± 1.51	-3.30 ± 2.29	0.15	0.86
	T6	-3.85 ± 4.94	-3.55 ± 3.96	-3.55 ± 4.44	0.31	0.74

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) des Gesichterpeaks über den Elektrodenpositionen T5 und T6 auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

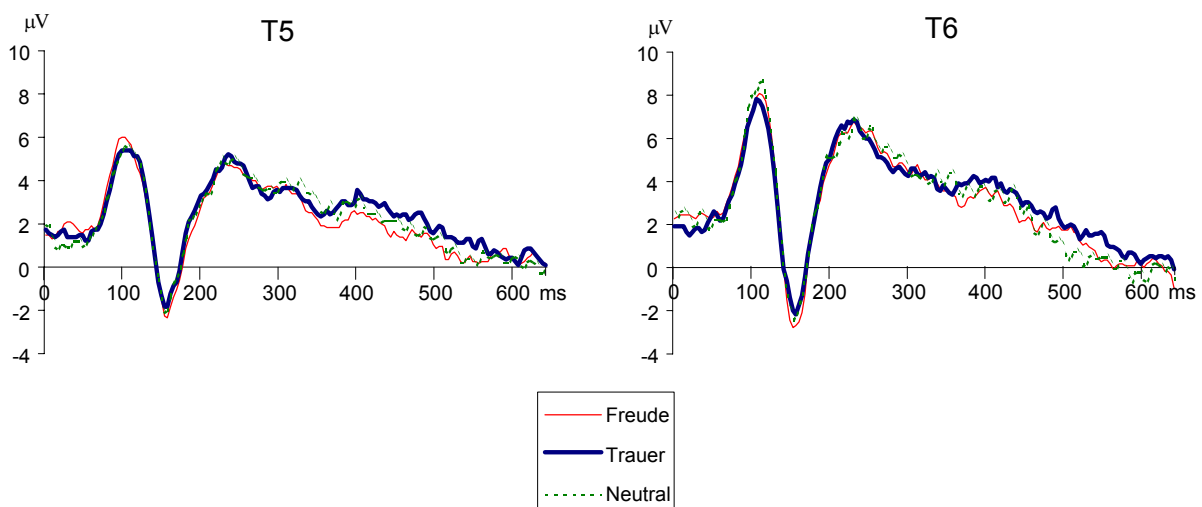


Abbildung 8. Emotionseffekt für den Gesichterpeak über den Einzelelektroden T5 und T6. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck

- Emotionseffekte über den zentralen Einzelelektroden

Die Amplituden der Elektrodenposition Cz im Zeitsegment P4 (von 312.5 ms bis 414.1 ms) unterscheiden sich zwischen den EKPs auf freudige, traurige und neutrale Gesichtsausdrücke tendenziell voneinander ($F[2,30] = 2.56$; $p < 0.10$). Im

anschließenden post-hoc t-Test lösen sowohl „Freude“ ($m = 2.74 \pm 3.08$; $t[15] = 1.83$; $p < 0.10$) als auch „Trauer“ Gesichter ($m = 2.52 \pm 2.95$; $t[15] = 1.84$; $p < 0,10$) tendenziell höhere Amplituden als neutrale Gesichter aus ($m = 1.96 \pm 2.33$). Der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 9 dargestellt.

Tabelle 10. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		Freude	Trauer	Neutral		
Segment		$m \pm sd$	$m \pm sd$	$m \pm sd$	F[2,30]	p
Fz	P3	-1.27 ± 2.04	-0.57 ± 2.71	-0.91 ± 2.28	2.01	0.15
	P4	1.04 ± 3.06	0.99 ± 3.04	1.03 ± 2.45	0.02	0.98
	P5	1.97 ± 1.56	1.88 ± 1.86	1.72 ± 1.49	0.33 [§]	0.72
Cz	P3	1.50 ± 2.17	1.79 ± 2.89	1.51 ± 2.28	0.46	0.64
	P4	2.74 ± 3.08	2.52 ± 2.95	1.96 ± 2.33	2.56	0.09
	P5	4.89 ± 2.47	4.50 ± 2.84	4.28 ± 2.58	2.09	0.14
Pz	P3	7.45 ± 3.95	6.88 ± 3.49	7.48 ± 3.34	1.76	0.19
	P4	6.58 ± 3.95	6.83 ± 5.14	6.33 ± 3.47	0.62	0.54
	P5	6.74 ± 3.66	7.04 ± 4.63	6.48 ± 3.20	0.83	0.44

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p . [§]: $df = 1.5, 23.1$

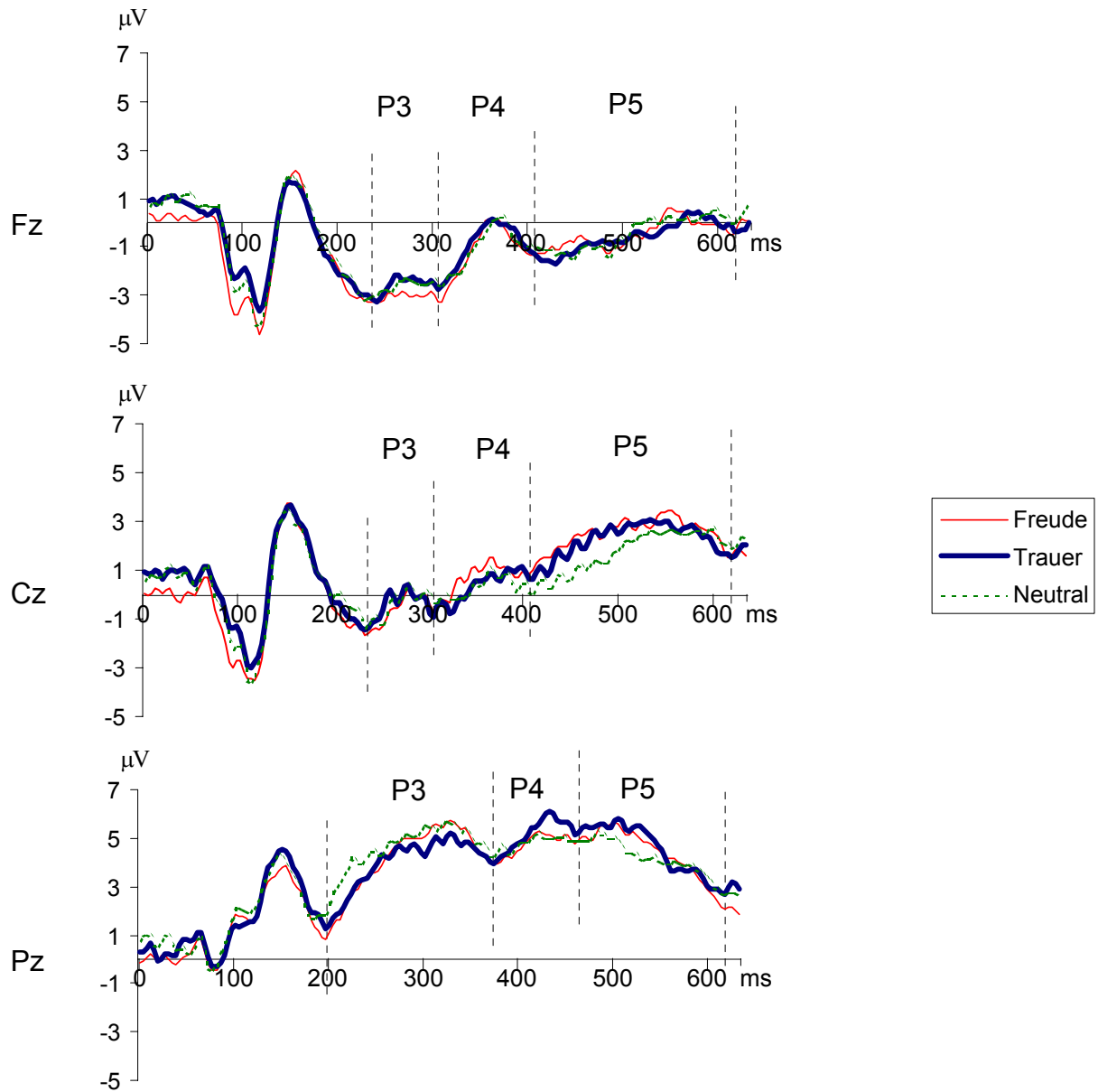


Abbildung 9. Emotionseffekte über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- Emotionseffekte in der topographischen Auswertung

Im Zeitbereich 2 (128.9 ms - 187.6 ms) bewirken die drei emotionalen Gesichtsausdrücke signifikant verschieden starke Ausprägungen der GFP ($F[2,30] = 3.96$; $p < 0.05$; Tabelle 11). „Freude“ ($m = 4.45 \pm 1.57$; $t[15] = 2.33$; $p < 0.05$) und „Neutral“ ($m = 4.55 \pm 1.61$; $t[15] = 2.86$; $p < 0.05$) führen zu einer stärkeren GFP als „Trauer“ ($m = 4.14 \pm 1.30$).

Im dritten Zeitfenster (187.6 ms - 355.5 ms) unterscheidet sich die Lokalisation des positiven Feldes in anterior-posterior ($F[2,30] = 3.28$; $p = 0.05$) und in der links-rechts Ausrichtung ($F[2,30] = 3.20$; $p = 0.05$), die des negativen elektrischen Feldes in der anterior-posterior Ausrichtung ($F[2,30] = 3.21$; $p < 0.05$). Das positive Feld ist auf „Trauer“ Gesichter ($m = 2.83 \pm 0.39$) weiter linkshemisphärisch lokalisiert als auf „Freude“ ($m = 3.09 \pm 0.43$; $t[15] = 2.30$; $p < 0.05$) und „Neutral“ ($m = 3.08 \pm 0.34$; $t[15] = 2.16$; $p < 0.05$). Des Weiteren ist das positive Feld auf „Trauer“ ($m = 3.84 \pm 1.06$; $t[15] = 2.32$; $p < 0.05$) und „Freude“ ($m = 3.85 \pm 1.06$; $t[15] = 2.19$; $p < 0.05$) weiter anterior lokalisiert als auf „Neutral“ ($m = 4.33 \pm 0.74$). Das negative elektrische Feld ist auf „Trauer“ ($m = 2.79 \pm 1.05$; $t[15] = 2.29$; $p < 0.05$) und tendenziell auf „Freude“ ($m = 2.70 \pm 1.05$; $t[15] = 1.94$; $p < 0.10$) weiter posterior gelegen als auf „Neutral“ ($m = 2.18 \pm 0.71$). Die Verteilung des hirnelektrischen Feldes im Segment 3 ist in der Abbildung 10 dargestellt.

Im vierten Zeitfenster von 355.5 ms bis 394.5 ms zeigt sich ein Effekt des emotionalen Gesichtsausdrucks auf die GFP ($F[2,30] = 4.28$; $p < 0.05$). Die GFP auf „Freude“ ($m = 1.73 \pm 0.86$; $t[15] = 2.62$; $p < 0.05$) und tendenziell auf „Trauer“ ($m = 1.58 \pm 0.73$; $t[15] = 2.00$; $p < 0.10$) ist höher als auf „Neutral“ ($m = 1.38 \pm 0.57$).

Tabelle 11. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 1-4.

Seg	Var	Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
1	Latenz	106.0 ± 8.2	110.9 ± 9.6	106.5 ± 11.7	1.40	2, 30	0.26
	GFP	3.85 ± 1.86	3.81 ± 1.78	3.68 ± 1.26	0.43	2, 30	0.66
	CX+	3.03 ± 0.40	3.08 ± 0.36	3.14 ± 0.35	0.98	2, 30	0.39
	CY+	4.18 ± 0.87	3.85 ± 1.23	4.00 ± 1.13	0.90	1.3, 19.1	0.38
	CX-	3.00 ± 0.18	2.98 ± 0.21	2.94 ± 0.20	0.43	2, 30	0.65
	CY-	2.40 ± 0.86	2.84 ± 1.09	2.59 ± 1.04	1.59	2, 30	0.22
2	Latenz	157.2 ± 17.7	153.8 ± 16.3	157.0 ± 16.2	1.37	1.5, 22.7	0.27
	GFP	4.45 ± 1.57	4.14 ± 1.30	4.55 ± 1.61	3.96	2, 30	0.03
	CX+	3.08 ± 0.33	3.11 ± 0.30	3.07 ± 0.18	0.25	2, 30	0.78
	CY+	2.69 ± 1.09	2.66 ± 1.03	2.57 ± 1.07	0.24	1.2, 17.8	0.67
	CX-	3.02 ± 0.43	2.98 ± 0.45	2.94 ± 0.37	0.74	2, 30	0.49
	CY-	4.05 ± 0.79	4.02 ± 0.77	4.08 ± 0.88	0.06	1.1, 16.1	0.83
3	Latenz	244.6 ± 48.8	243.2 ± 56.2	252.7 ± 56.9	0.25	2, 30	0.78
	GFP	3.06 ± 1.13	3.04 ± 1.10	3.25 ± 1.41	0.72	2, 30	0.49
	CX+	3.09 ± 0.43	2.83 ± 0.39	3.08 ± 0.34	3.20	2, 30	0.05
	CY+	3.85 ± 1.06	3.84 ± 1.06	4.33 ± 0.74	3.28	2, 30	0.05
	CX-	3.06 ± 0.46	3.20 ± 0.52	3.01 ± 0.34	0.77	2, 30	0.47
	CY-	2.70 ± 1.05	2.79 ± 1.05	2.18 ± 0.71	3.21	2, 30	0.05
4	Latenz	364.5 ± 13.7	368.2 ± 16.1	369.6 ± 14.8	0.66	2, 30	0.53
	GFP	1.73 ± 0.86	1.58 ± 0.73	1.38 ± 0.57	4.28	2, 30	0.02
	CX+	3.07 ± 0.74	3.02 ± 0.58	3.12 ± 0.54	0.28	2, 30	0.76
	CY+	2.94 ± 1.00	2.98 ± 1.07	3.07 ± 0.97	0.29	2, 30	0.75
	CX-	2.99 ± 0.67	3.04 ± 0.36	2.82 ± 0.37	1.52	2, 30	0.23
	CY-	3.24 ± 1.06	3.12 ± 1.04	3.08 ± 1.12	0.17	2, 30	0.84

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

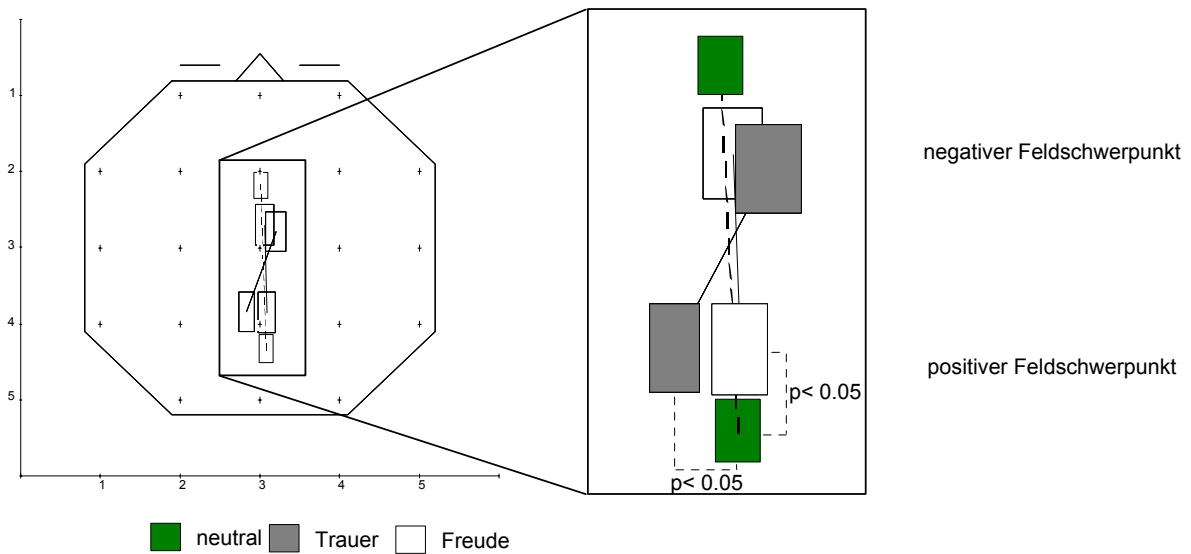


Abbildung 10. Dargestellt sind die positiven und negativen Feldschwerpunkte (Größe der Rechteckseiten geben die jeweilige Standardabweichung wieder) des elektrischen Feldes im dritten Segment der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck.

In den weiteren Zeitabschnitten 5 bis 8 ergibt sich im Segment 6 (453.1 ms bis 511.7 ms; Tabelle 12) eine unterschiedliche Lokalisation des positiven Feldschwerpunkts in der anterior-posterior Richtung ($F[2,30] = 3.67$; $p < 0.05$). Der Feldschwerpunkt auf „Trauer“ ($m = 3.06 \pm 0.89$; $t[15] = 2.49$; $p < 0.05$) liegt weiter posterior als auf „Neutral“ ($m = 2.42 \pm 0.75$). In Abbildung 11 ist der Verlauf der GFP dargestellt.

Tabelle 12. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 5-8.

Seg	Var	Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
5	Latenz	414.3 ± 21.5	415.5 ± 17.2	419.4 ± 21.0	0.34	2, 30	0.72
	GFP	1.40 ± 0.74	1.44 ± 0.72	1.29 ± 0.33	0.64	2, 30	0.54
	CX+	3.11 ± 0.81	3.11 ± 0.61	3.22 ± 0.81	0.21	2, 30	0.81
	CY+	2.89 ± 0.91	3.13 ± 0.99	3.24 ± 0.94	0.91	2, 30	0.41
	CX-	2.87 ± 0.74	3.03 ± 0.58	2.90 ± 0.53	0.48	1.5, 23.1	0.58
	CY-	3.27 ± 1.05	3.01 ± 1.19	2.86 ± 0.99	0.76	2, 30	0.47
6	Latenz	486.8 ± 17.6	484.6 ± 20.3	481.2 ± 21.1	0.35	2, 30	0.71
	GFP	1.51 ± 0.56	1.37 ± 0.75	1.51 ± 0.58	0.89	2, 30	0.42
	CX+	3.00 ± 0.68	3.05 ± 0.28	2.99 ± 0.68	0.07	2, 30	0.94
	CY+	2.70 ± 0.76	3.06 ± 0.89	2.42 ± 0.75	3.67	2, 30	0.04
	CX-	3.11 ± 0.53	3.09 ± 0.53	3.17 ± 0.61	0.12	2, 30	0.89
	CY-	3.47 ± 1.20	3.28 ± 1.05	3.55 ± 0.83	0.53	2, 30	0.59
7	Latenz	566.4 ± 25.5	575.2 ± 25.1	559.6 ± 29.9	1.39	2, 30	0.26
	GFP	2.02 ± 0.88	2.01 ± 1.04	2.02 ± 1.17	0.00	2, 30	0.99
	CX+	3.04 ± 0.37	3.06 ± 0.47	2.95 ± 0.45	0.39	2, 30	0.68
	CY+	2.51 ± 0.87	2.20 ± 0.73	2.33 ± 0.84	0.74	2, 30	0.49
	CX-	3.09 ± 0.37	3.03 ± 0.43	3.21 ± 0.36	1.11	2, 30	0.34
	CY-	3.97 ± 1.16	4.10 ± 0.92	4.00 ± 0.86	0.13	2, 30	0.88
8	Latenz	624.3 ± 7.3	622.3 ± 7.8	623.3 ± 9.4	0.24	2, 30	0.79
	GFP	2.02 ± 1.18	2.08 ± 1.00	1.88 ± 0.58	0.55	2, 30	0.58
	CX+	3.11 ± 0.49	2.93 ± 0.56	2.94 ± 0.49	1.07	2, 30	0.36
	CY+	2.42 ± 0.95	2.51 ± 1.07	2.35 ± 0.93	0.25	1.5, 21.8	0.71
	CX-	3.08 ± 0.46	3.16 ± 0.56	3.08 ± 0.52	0.18	2, 30	0.84
	CY-	3.93 ± 0.62	3.88 ± 0.94	4.02 ± 0.63	0.29	1.5, 23.1	0.69

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+= Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX - = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY - = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

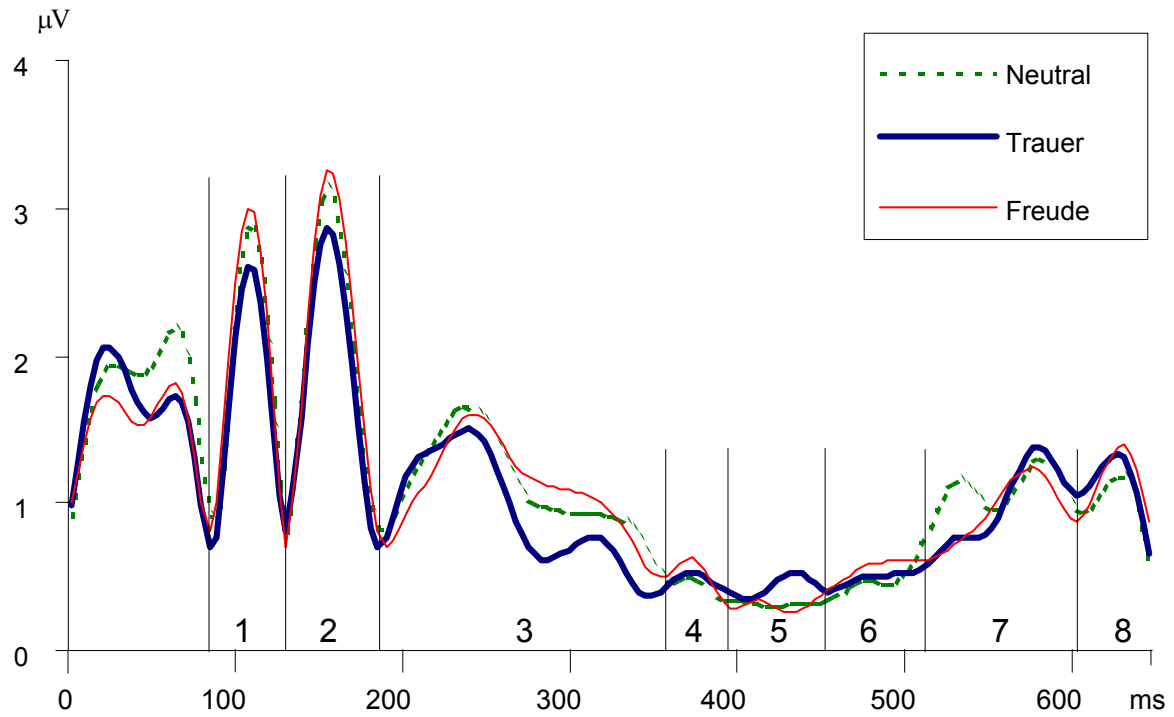


Abbildung 11. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

3.1.4.3. Unterscheidung negativer Gesichtsausdrücke

- Emotionseffekte in den Einzelelektroden

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Amplitudenwerten der EKPs auf Gesichter mit den Gesichtsausdrücken „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Überraschung“ und „Ekel“ über den ausgewerteten Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz. Die Mittelwerte der Amplituden und die Ergebnisse der statistischen Überprüfung sind in Tabelle 13 dargestellt, der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 12 veranschaulicht.

Tabelle 13. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		Trauer	Furcht	Ärger	Überr.	Ekel		
	Seg.	m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd	F[4,48]	p
Fz	P3	-1.45 \pm 1.97	-1.11 \pm 2.61	-0.90 \pm 2.54	-1.26 \pm 2.31	-0.79 \pm 2.37	1.04	0.39
	P4	0.40 \pm 1.98	0.95 \pm 2.32	0.92 \pm 1.81	1.30 \pm 2.13	1.24 \pm 2.26	1.43	0.24
	P5	1.70 \pm 1.63	1.33 \pm 1.88	1.71 \pm 1.59	2.01 \pm 2.03	1.60 \pm 1.29	0.81	0.53
Cz	P3	1.22 \pm 2.19	1.94 \pm 1.86	2.02 \pm 2.44	1.85 \pm 2.12	2.06 \pm 2.31	1.54	0.21
	P4	1.61 \pm 1.85	2.33 \pm 1.22	2.65 \pm 1.93	2.07 \pm 1.98	2.06 \pm 1.49	1.63	0.18
	P5	3.80 \pm 1.65	3.91 \pm 1.76	3.86 \pm 2.82	4.12 \pm 2.21	3.84 \pm 1.96	0.18 [§]	0.85
Pz	P3	6.89 \pm 2.54	7.25 \pm 2.16	6.63 \pm 2.10	6.58 \pm 1.93	6.36 \pm 1.99	1.61	0.19
	P4	6.38 \pm 2.45	6.92 \pm 2.31	6.29 \pm 3.12	6.43 \pm 1.88	6.46 \pm 2.49	0.70	0.60

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz auf Gesichter mit unterschiedlicher Mimik für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. [§] df = 2.1, 25.5

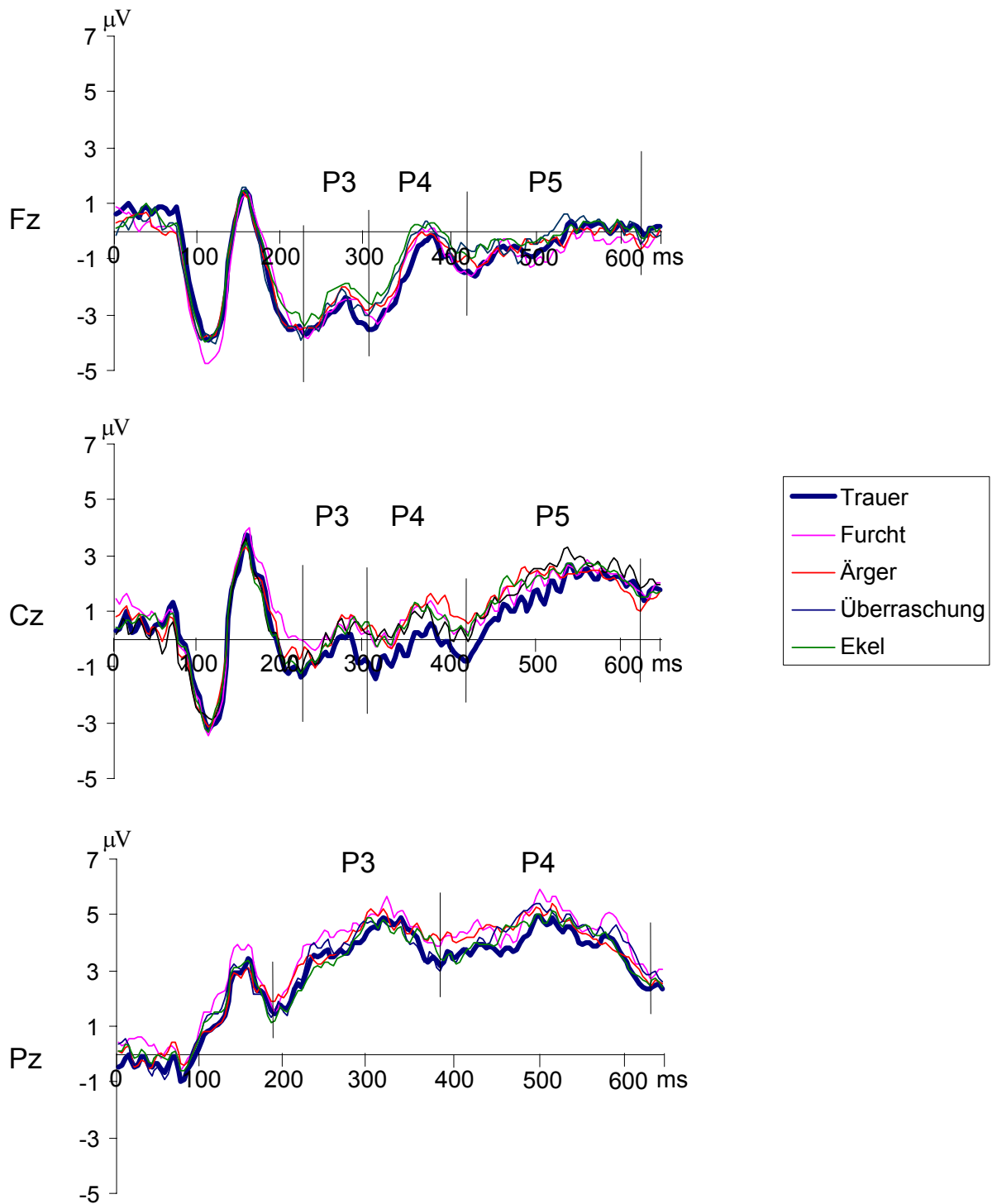


Abbildung 12. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit Trauer, Furcht, Ärger, Überraschung und Ekel als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- Emotionseffekte in der topographischen Auswertung

Die fünf emotionalen Gesichtsausdrücke unterscheiden sich signifikant bezüglich der Amplitude der GFP im ersten Segment ($F[4,48] = 3.55$; $p < 0.01$) und der Lokalisation des negativen Feldschwerpunkts in der links-rechts Richtung im dritten Segment ($F[4,48] = 3.50$; $p < 0.05$, siehe Anhang, Tabelle A2 und Tabelle A3 für die gesamte Darstellung der statistischen Vergleiche).

Die GFP im ersten Segment ist auf „Furcht“ ($m = 3.56 \pm 0.90$) höher als auf „Trauer“ ($m = 2.91 \pm 0.98$; $t[12] = 3.36$; $p < 0.01$) und auf „Ärger“ ($m = 3.08 \pm 1.14$; $t[12] = 2.76$; $p < 0.05$). Die GFP auf „Überraschung“ ($m = 3.36 \pm 1.09$) ist höher als auf „Ärger“ ($m = 3.08 \pm 1.14$; $t[12] = 2.34$; $p < 0.05$).

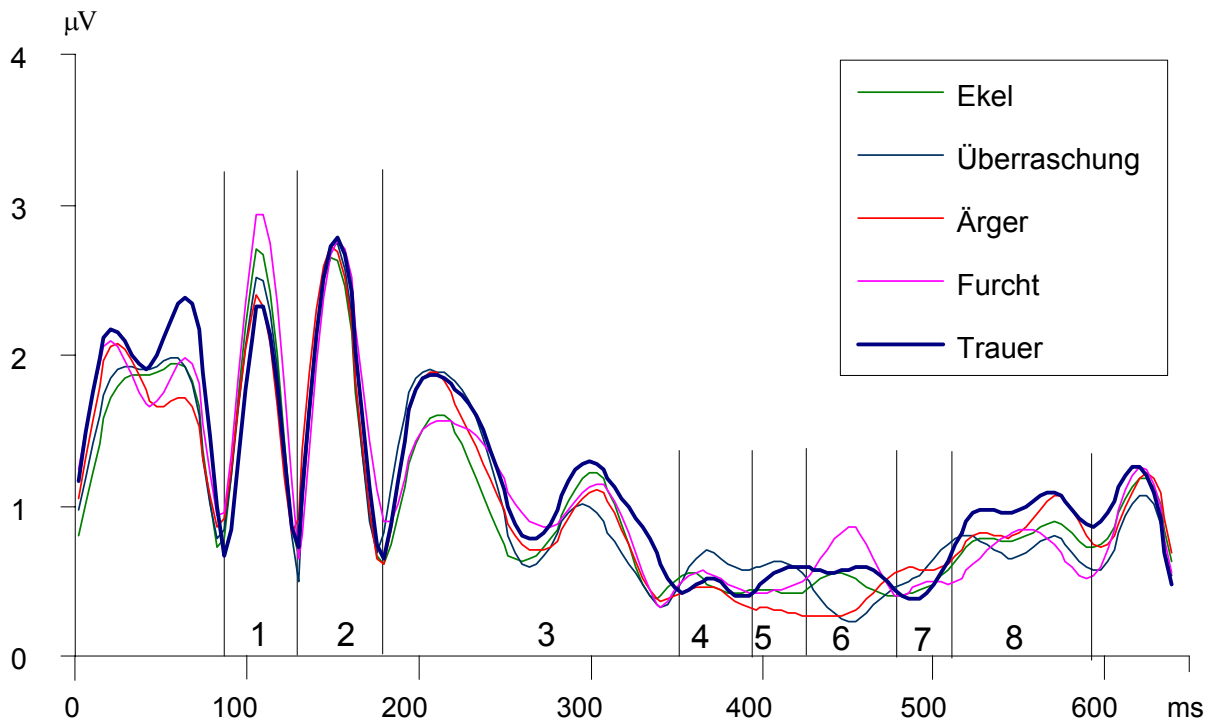


Abbildung 13. Emotionseffekt in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit Trauer, Furcht, Ärger, Überraschung und Ekel als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

Der negative Feldschwerpunkt im dritten Segment auf „Trauer“ ($m = 2.96 \pm 0.29$; $t[12] = -2.88$; $p < 0.05$) und auf „Überraschung“ ($m = 2.96 \pm 0.33$ $t[12] = -3.54$; $p < 0.01$) ist weiter links lokalisiert als auf „Ekel“ ($m = 3.24 \pm 0.32$).

3.1.5. Diskussion und Zusammenfassung der 1. Untersuchung

Wie aufgrund der Vorbefunde zum Gesichterpeak zu erwarten war (Bötzel & Grüsser, 1989; Bötzel et al., 1995; Eimer & McCarthy, 1999; Jeffreys, 1989; Jeffreys

& Tukmachi, 1992; Linkenkaer-Hansen et al., 1998; Seeck & Grüsser, 1992), bewirkt die Verarbeitung von Gesichtern ca. 160 ms nach Stimulusbeginn eine signifikant stärkere Amplitude im EKP im Vergleich zu Kontrollreizen. Diese stärkere Aktivierung zeigt sich als negativer Peak über den temporalen Elektrodenpositionen T5 und T6 und als positiver Peak über der Position Cz.

Auch in der Gesamtbetrachtung der hirnelektrischen Aktivität mit Hilfe der GFP konnte eine signifikant stärkere Aktivierung auf Gesichtsreize im Vergleich zu den Kontrollreizen nachgewiesen werden. Die topographische Auswertung zeigte jedoch keine Unterschiede in der Verteilung des hirnelektrischen Feldes zwischen den Bedingungen. Daraus lässt sich schlussfolgern (Lehmann, 1992), dass sowohl Gesichter als auch die Kontrollreize in denselben Hirnarealen verarbeitet werden, die Verarbeitung von Gesichtern jedoch eine stärkere Aktivierung in diesen Hirnarealen bewirkte als die Kontrollreize. Im Gegensatz zu dieser Interpretation finden Chao et al. (1999b) in einer fMRI Untersuchung, dass die visuelle Verarbeitung von Gesichtern im lateralen Gyrus Fusiformis, die Verarbeitung von Gebäuden jedoch im medialen Gyrus Fusiformis stattfindet und sich somit die kortikalen Verarbeitungsareale zwischen Gesichtern und den Kontrollreizen unterscheiden. Möglicherweise ist der räumliche Unterschied zwischen diesen beiden Arealen zu gering, um bei der topographischen Analyse des EKPs mit der in dieser Untersuchung geringen Anzahl von 21 Elektroden zu Effekten zu führen.

In der Quellenlokalisierung der Daten mit LORETA ergab sich eine signifikant stärkere Aktivierung auf Gesichtsreize im Vergleich zu den Gebäudebildern im linken Gyrus Fusiformis, im Gyrus Cingulum beidseitig und im rechten mittleren Gyrus Frontalis. Die Aktivierung im Gyrus Fusiformis stimmte mit bisherigen Ergebnissen von Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren, wie fMRI oder PET (George et al., 1999; Kanwisher et al., 1997; McCarthy, Puce, Gore & Allison, 1997) überein, allerdings wird in diesen Studien entweder eine beidseitige Aktivierung oder eine stärkere Aktivierung rechtshemisphärisch angegeben. Die beiden weiteren Aktivierungen im Gyrus Cingulum und im Gyrus Frontalis in der LORETA Auswertung wurden bisher nicht mit der Verarbeitung von Gesichtern in Verbindung gebracht. Möglicherweise zeigt sich hier der Vorteil der hohen zeitlichen Auflösung der EKPs. Im Vergleich mit den bildgebenden Verfahren des fMRI oder PETs konnte in dieser Untersuchung ein eng umschriebener Zeitbereich von ca. 60 ms analysiert werden. Falls in den weiteren Zeitabschnitten die Areale des Gyrus Cingulum und

des Gyrus Frontalis auf Gesichter eine geringere Aktivierung als auf die Kontrollreize aufweisen, würde sich diese gegenläufige Aktivierung in der gesamten Betrachtung der Aktivierung über mehrere Sekunden herausmitteln und wäre somit nicht mehr nachweisbar. Zunächst muss aber überprüft werden, ob die beiden Areale auch in einer weiteren Stichprobe eine stärkere Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu Kontrollreizen aufweisen.

In der weiteren Analyse konnte über der Elektrodenposition T6 eine Tendenz für unterschiedliche Amplituden auf die drei verschiedenen Gesichtsausdrücke festgestellt werden. Es zeigte sich eine signifikant höhere Amplitude auf „Freude“ und eine tendenziell höhere Amplitude auf „Trauer“ im Vergleich zu „Neutral“. Bisher wurde in zwei Untersuchungen (Eimer & Holmes, 2002; Krolak-Salmon et al., 2001) kein Effekt des emotionalen Ausdrucks auf die Amplitude des Gesichterpeaks beschrieben. Nur in der Untersuchung von Sato et al. (2001) unterschieden sich zu einem Zeitpunkt um 270 ms und somit ca. 100 ms nach dem Gesichterpeak, die Amplituden auf verschiedene emotionale Gesichtsausdrücke. Da die Effekte in dieser Untersuchung nur tendenziell signifikant sind und in der GFP und der topographischen Analyse keinerlei Effekte des Gesichtsausdrucks zu diesem frühen Zeitpunkt zu sehen waren, könnte es sich um ein zufälliges Ergebnis handeln.

Ein weiterer Punkt, der in der Literatur kontrovers diskutiert wird, ist die Frage, inwieweit sich Unterschiede in der Verarbeitung von Gesichtern und Kontrollreizen schon zu einem früheren Zeitpunkt als 170 ms feststellen lassen (Debrulle et al., 1998; Liu et al., 2002; Schendan et al., 1998; Seeck et al., 1997). In dieser Untersuchung lösen Gesichter im Zeitbereich von 86 ms bis 125 ms eine signifikant stärkere GFP als die Kontrollreize aus. Bisher konnte nur in einer Magnetenzephalographie (MEG) Untersuchung (Liu et al., 2002) nachgewiesen werden, dass sich die Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich zu ähnlich komplexen visuellen Stimuli zu diesem frühen Zeitpunkt unterscheidet. Im Vergleich zur N170 Komponente, die eine Verarbeitung individueller Gesichtsmerkmale darstellen soll, sehen Liu et al. (2002) in der frühen Komponente das Ansprechen kortikaler Areale auf Gesichter.

Im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ konnte gezeigt werden, dass die emotionalen Gesichtsausdrücke „Freude“ und „Trauer“ eine höhere Amplitude über der Elektrodenposition Cz im Zeitbereich 312 ms bis 414 ms nach Stimulusbeginn

auslösen als Bilder mit dem Gesichtsausdruck „Neutral“. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu der Untersuchung von Vanderploeg et al. (1987), die im Zeitfenster von 240 ms bis 448 ms höhere Amplituden auf neutrale Strichzeichnungen von Gesichtern im Vergleich zu den emotionalen Kontrollreizen gefunden haben. In dieser Untersuchung zeigten sich höhere Amplituden für emotionale Reize im Vergleich zu neutralen Reizen erst im Zeitbereich von 448 ms bis 616 ms. Für diese späten positiven Komponenten ab 414 ms (Fz und Cz, ab 472 ms über Pz) finden sich jedoch in unserer Untersuchung keinerlei Unterschiede in den Amplituden der EKPs über den Einzelelektroden zwischen den verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken. Auch die von Carretie & Iglesias (1995) beschriebene frontale Negativierung auf freudige Gesichter im Vergleich zu neutralen Gesichtern konnte in dieser Untersuchung nicht repliziert werden. Aufgrund der geringen Amplitudenunterschiede zwischen den Bedingungen und der fehlenden Übereinstimmung mit den Vorbefunden wird der in dieser Untersuchung gefundene Effekt bis zu einer Replikation nicht weiter interpretiert.

Für die im ersten Paradigma beschriebenen tendenziellen Unterschiede in der Ausprägung des Gesichterpeaks über der rechten temporalen Elektrodenposition T6 ergaben sich in dieser Auswertung keinerlei Hinweise. Auf der anderen Seite unterschied sich die GFP im Zeitfenster des Gesichterpeaks von 128.9 ms bis 187.6 ms. „Freude“ und „Neutral“ lösen eine stärkere GFP aus als „Trauer“. Dieser Effekt konnte im ersten Paradigma „Gesichterpeak“ nicht nachgewiesen werden. Falls es sich hierbei nicht um ein zufälliges Ergebnis handelt und sich dieser Effekt replizieren lässt, wäre dies ein Hinweis, dass die Instruktion der Aufgabe die Variation des Gesichterpeaks beeinflusst.

Die Analyse der topographischen Parameter replizierte keine der in der Literatur beschriebenen Effekte. In dieser Untersuchung unterschied sich die Lokalisation des positiven Feldschwerpunktes im Zeitfenster von 187.6 ms bis 355.5 ms. Wie in der Untersuchung von Skrandies (1998) lag der positive Centroid auf positive Reize (Freude) weiter rechts als auf negative Reize (Trauer). Skrandies (1998) beschrieb diesen Effekt allerdings schon deutlich früher im Zeitfenster von 80 ms bis 130 ms, einem Zeitbereich, in dem sich in dieser Untersuchung keine signifikanten Unterschiede ergaben. Die Untersuchung von Pizzagalli et al. (1998) kann nicht direkt mit dieser Arbeit verglichen werden, da diese Autoren über den gesamten Zeitbereich von Stimulusbeginn bis 450 ms später die Lokalisationen gemittelt, und in

einem zweiten Schritt den Mittelpunkt zwischen positivem und negativem Feldschwerpunkt berechnet haben.

Zusammenfassend finden sich Hinweise auf eine unterschiedliche Verarbeitung freudiger, trauriger und neutraler Gesichtsausdrücke sowohl in den Amplituden zentraler Einzelelektrodenpositionen als auch in den Parametern der topographischen Auswertung. Vor einer Interpretation sollten diese Ergebnisse in einer weiteren Untersuchung repliziert werden.

Die negativen Gesichtsausdrücke „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“ und der Gesichtsausdruck „Überraschung“ zeigen keine signifikanten Unterschiede in der Amplitude der Einzelelektroden Fz, Cz und Pz.

Die in der topographischen Auswertung gefundenen Effekte unterschiedlicher GFP Werte im ersten Segment und unterschiedlicher Lokalisation des negativen Centroids im dritten Segment wurden im zweiten Paradigma nicht beschrieben und können nicht sinnvoll interpretiert werden. Wichtig im Hinblick auf die Fragestellung dieser Auswertung ist, dass sich keine Unterschiede in der Lokalisation des positiven und negativen Feldschwerpunktes im dritten Zeitfenster für die verschiedenen negativen Gesichtsausdrücke nachweisen ließen. Somit scheint die Auswahl von „Trauer“ als negativer Emotionsausdruck im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ vertretbar.

Problematisch bei der Interpretation der Ergebnisse dieses Paradigmas ist, dass Bilder der Kategorie „Trauer“ schon im zweiten Paradigma verwendet, die Bilder der anderen Kategorien jedoch zum ersten Mal in diesem Paradigma gezeigt wurden. Unterschiede in den EKPs der Kategorie „Trauer“ und den anderen Kategorien lassen sich somit nicht eindeutig auf den emotionalen Gesichtsausdruck, sondern auch auf einen Wiederholungseffekt zurückführen. Aus diesem Grund wird in der zweiten Untersuchung das Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ ohne die Kategorie „Trauer“ durchgeführt werden.

In der anschließenden zweiten Untersuchung soll nun versucht werden, den Gesichterpeak auch mit einer deutlich verringerten Anzahl von Stimuli stabil auszulösen und die Ergebnisse sowohl der erhöhten GFP im ersten und zweiten Zeitsegment als auch der Quellenlokalisierung mit LORETA zu replizieren. Des Weiteren wird das zweite Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ ohne

Modifikation durchgeführt, um die Effekte der ersten Untersuchung zu überprüfen. Das dritte Paradigma wird modifiziert dargeboten, so dass keine einzelne Kategorie wiederholt präsentiert wird.

3.2. Untersuchung 2: Replikation der Ergebnisse der ersten Untersuchung und Überprüfung des Einflusses der emotionalen Bedeutung und der Komplexität des Stimulusmaterials

3.2.1. Einleitung

In der ersten Untersuchung wurde der Gesichterpeak mit stärker ausgeprägten Amplituden um 160 ms nach Stimuluspräsentation sowohl über den Einzelelektrodenpositionen T5, T6 und Cz als auch in der GFP bestätigt. In dieser Untersuchung soll nun sowohl die stärkere GFP im ersten Segment von ca. 90 ms bis 125 ms als auch die Quellenlokalisierung des Gesichterpeaks mit Aktivierungen im linken Gyrus Fusiformis, dem rechten mittleren Gyrus Frontalis und dem Gyrus Cingulum aus der ersten Untersuchung überprüft werden.

Ein weiteres Ziel der ersten Untersuchung war es, den Einfluss des emotionalen Gesichtsausdrucks auf die Komponenten des EKPs zu untersuchen. In der ersten Untersuchung zeigte sich, dass die emotionalen Gesichtsausdrücke „Freude“ und „Trauer“ tendenziell höhere Amplituden als Bilder mit neutralem Gesichtsausdruck über der Elektrodenposition Cz im Zeitfenster P4 bewirkten. Des Weiteren ergaben sich im zweiten und vierten Segment der topographischen Auswertung unterschiedlich stark ausgeprägte GFP Werte und im dritten und sechsten Segment unterschiedliche Lokalisationen der hirnelektrischen Feldverteilung in den verschiedenen Bedingungen. Da die Ergebnisse der ersten Untersuchung nicht mit den Vorbefunden aus der Literatur übereinstimmten, ist das Ziel dieser Untersuchung, die Befunde der ersten Auswertung an einer neuen Stichprobe direkt zu replizieren.

Um die Bedeutung der Effekte des emotionalen Gesichtsausdrucks besser interpretieren zu können, werden drei weitere Messungen durchgeführt.

Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ werden Gesichter mit den Gesichtsausdrücken „Furcht“, „Ärger“ und „Ekel“ dargeboten. Überprüft werden soll, inwieweit die im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ gefundenen Effekte des emotionalen Gesichtsausdrucks auch bei anderen negativen Gesichtsausdrücken zu sehen sind.

Mit dem Paradigma „Emotionale Bilder“ sollte die Frage untersucht werden, ob Effekte, die in den EKP-Parametern bei der Unterscheidung positiver, negativer und neutraler Gesichtsausdrücke gefunden wurden, auch bei der Unterscheidung positiver, negativer und neutraler Bilder allgemeiner Art zu sehen sind. Dies spräche

dafür, dass die Effekte nicht auf die Dekodierung emotionaler Gesichtsausdrücke beschränkt sind, sondern allgemein durch die Unterscheidung positiver, negativer und neutraler Bilder bedingt werden. Des Weiteren sollte in dieser Untersuchung überprüft werden, ob die von Skrandies (1998) beschriebenen Effekte der emotionalen Bedeutung von Worten auf die Verteilung der hirnelektrischen Aktivität, die bei Gesichtern mit unterschiedlichem Gesichtsausdruck nicht repliziert werden konnten, bei emotionalen Bildern zu sehen sind. Bei der Auswahl der Stimuli im Vorversuch wurde darauf geachtet, dass sich die Kategorien „positiv“, „negativ“ und „neutral“ deutlich in der eingeschätzten Valenz unterschieden, jedoch ähnlich bezüglich der eingeschätzten Erregung und Komplexität waren. Aufgrund dieser Auswahl der Stimuli wird keine erhöhte Amplitude für die emotionalen Bilder im Vergleich zu den neutralen Bildern in den späten Komponenten des EKPs erwartet, wie sie bei emotionalen Bildern mit hoher eingeschätzter erregender Wirkung beschrieben worden ist (Cuthbert et al., 2000, ab 400 ms; Schupp et al., 2000, ab 350 ms; Palomba et al., 1997, ab 400 ms).

Hintergrund des Paradigmas „Komplexe Bilder“ war die Überlegung, ob Effekte, die bei der Verarbeitung emotionaler Gesichtsausdrücke auftreten, sich durch eine unterschiedliche Schwierigkeit der Kategorien erklären lassen. So ist es vorstellbar, dass die in der ersten Untersuchung beschriebene Verschiebung des positiven Centroids nach links bei der Verarbeitung von traurigen Gesichtsausdrücken dadurch bedingt ist, dass der Gesichtsausdruck „Trauer“ schwieriger zu erkennen ist als „Freude“ oder „Neutral“. Die in der Literatur beschriebenen Untersuchungen zu den Effekten der Aufgabenschwierigkeit in Bezug auf EKP-Parameter tragen nur wenig zur Klärung dieser Frage bei. Zum einen werden keine topographischen Auswertungen nach der Centroid-Methode durchgeführt (Senkowski & Herrmann, 2002), zum anderen wird die Aufgabenschwierigkeit im Hinblick auf kognitive Prozesse, wie der selektiven Aufmerksamkeit (Smid, Jakob & Heinze, 1999), untersucht. In Anlehnung an das Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ soll in diesem Paradigma eine einfache Klassifikation durchgeführt werden. Um einen Einfluss der emotionalen Bedeutung der Stimuli zu verhindern, wurden Bilder mit geometrischen Figuren präsentiert, die in einer Voruntersuchung als „einfach“ oder „schwierig“ einer Kategorie zuzuordnen waren (operationalisiert durch die Antwortlatenz). Wenn die Aufgabenschwierigkeit die Effekte im Paradigma

„Emotionaler Gesichtsausdruck“ verursacht, müsste ein vergleichbarer Effekt für die „schwierigen“ im Vergleich zu den „einfachen“ Reizen feststellbar sein.

3.2.2. Hypothesen und Fragestellungen

Messung „Gesichterpeak“

- Hypothesen

1. Die Amplituden der EKPs auf Gesichter sind über den Elektrodenpositionen T5 und T6 negativer und über Cz positiver als auf die Kontrollstimuli ca. 160 ms nach Stimulusonset.
2. Zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks lösen Gesichter eine stärkere GFP als die Kontrollstimuli aus.
3. In der Quellenlokalisierung LORETA zeigt sich eine signifikant stärkere Aktivierung im linken Gyrus Fusiformis, im Gyrus Cingulum und im rechten mittleren Gyrus Frontalis auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollstimuli zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks.

- weitere Fragestellung

- Ergeben sich Unterschiede in der GFP oder den topographischen Parametern in den weiteren Zeitabschnitten vor und nach dem Gesichterpeak?

Messung „Emotionaler Gesichtsausdruck“

- Hypothesen

1. Die Amplituden über Cz im Zeitfenster P4 sind zwischen den Bedingungen unterschiedlich, mit höheren Amplituden auf „Freude“ und „Trauer“ im Vergleich zu Neutral.
2. Im Zeitbereich 2 der topographischen Analyse bewirken Gesichter mit dem Ausdruck „Freude“ und „Neutral“ eine stärkere GFP als Gesichter mit dem Ausdruck „Trauer“.
3. Der positive Centroid ist im Zeitbereich 3 der topographischen Analyse auf Gesichter mit dem Ausdruck „Trauer“ weiter links hemisphärisch lokalisiert als auf Gesichter mit dem Ausdruck „Freude“ und „Neutral“.
4. Der positive (negative) Centroid ist im Zeitbereich 3 der topographischen Analyse auf Gesichter mit dem Ausdruck „Trauer“ und „Freude“ weiter anterior (posterior) lokalisiert als auf Gesichter mit dem Ausdruck „Neutral“.

5. Im vierten Zeitbereich der topographischen Analyse ist die GFP auf Gesichter mit dem Ausdruck „Freude“ und „Trauer“ höher als auf Gesichter mit dem Ausdruck „Neutral“.
6. Im Zeitbereich 6 der topographischen Analyse liegt der positive Centroid auf Gesichter mit dem Ausdruck „Trauer“ weiter posterior als auf Gesichter mit dem Ausdruck „Neutral“.

- allgemeine Fragestellung der Messung „Negativer Gesichtsausdruck“

Welche Unterschiede zeigen sich in den Parametern der EKPs bei der Verarbeitung von Gesichtsausdrücken der Kategorien „Ärger“, „Ekel“ und „Furcht“?

- allgemeine Fragestellung der Messung „Emotionale Bilder“

Welche Unterschiede ergeben sich in den EKP-Parametern zwischen positiven, negativen und neutralen Bildern?

- allgemeine Fragestellung der Messung „Komplexe Bilder“

Welche Unterschiede ergeben sich in den EKP-Parametern zwischen einfachen und schwierigen Bildern?

3.2.3. Methode

Bei der Darstellung des methodischen Vorgehens dieser Untersuchung wurden nur die Inhalte dargestellt, die sich von der ersten Untersuchung unterscheiden.

3.2.3.1. Voruntersuchung zur Auswahl emotionaler und komplexer Bilder

Die zweite Voruntersuchung diente der Auswahl geeigneter Stimuli für die Kontrolle des emotionalen Gehalts und der Komplexität der Stimuli für die zweite EEG-Untersuchung.

3.2.3.1.1. Auswahl der „Emotionalen Bilder“

- Stichprobe

An dem Vorversuch zur Auswahl der emotionalen Bilder nahmen 12 Versuchspersonen (3 Männer und 9 Frauen im Alter von 20 bis 30 Jahren; $m = 25.8$ Jahre) teil.

- Untersuchungsablauf

Die Versuchspersonen saßen in einem bequemen Stuhl in einem abgedunkelten Raum 100 cm vor einem Computermonitor. Die Bilder wurden in einer

quasirandomisierten Reihenfolge jeweils für 500 ms auf dem Computerbildschirm präsentiert. Das nächste Bild folgte erst auf Tastendruck. Die VPn wurden instruiert, das dargebotene Bild nach den Dimensionen Valenz, Arousal und Komplexität einzustufen. Die Einstufung der Stimuli in den Dimensionen Valenz und Arousal erfolgte mittels „Self-Assessment-Manikin“ (SAM, siehe Anhang Abbildung A9). Für die dritte Dimension „Komplexität“ wurde eine entsprechende Skala hinzugefügt. Die Skala Valenz hatte die verbalen Pole angenehm (1) und unangenehm (9), die Skala Arousal aufregend (1) und ruhig (9) und die Skala Komplexität die Pole einfach (1) und komplex (9). Die entsprechenden Zahlen wurden von den VPn in ein Formular eingetragen.

- Stimuli

Das Bildmaterial wurde dem „International Affective Picture System“ (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999) entnommen. Im Vorversuch wurden 14 neutrale (Bild Nummer: 5534, 6150, 7000, 7002, 7006, 7025, 7030, 7034, 7040, 7050, 7090, 7150, 7217, 7233), 15 positive (Bild Nummer: 1440, 1460, 1610, 1710, 1750, 5480, 5621, 5700, 5760, 5910, 7270, 7502, 8030, 8080, 8190) und 20 negative (Bild Nummer: 1274, 1275, 1300, 1301, 1930, 6190, 6200, 6370, 7380, 9000, 9180, 9280, 9290, 9300, 9320, 9330, 9340, 9560, 9570, 9571) Stimuli präsentiert.

- Auswahl der Stimuli

Die gesamten Ergebnisse des Ratings sind im Anhang tabellarisch dargestellt (Anhang Tabellen VV2_1, VV2_2). Ausgewählt wurden je Kategorie (positiv, negativ und neutral) je vier Stimuli, so dass sich die Kategorien in der Valenz der Stimuli unterschieden, in den Dimensionen Arousal und Komplexität jedoch annähernd gleich eingestuft wurden. Aufgrund dieser Kriterien wurden folgende Stimuli ausgewählt (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14. Subjektive Einschätzungen der ausgewählten Emotionsbilder

Beschreibung	Nr.	Kategorie	Valenz		Arousal		Komplexität	
			m	sd	m	sd	m	sd
Kätzchen	1460	1	2.17	0.99	7.08	1.66	3.42	1.44
Feuerwerk	5480	1	2.67	1.31	4.42	1.75	3.83	1.99
Skiabfahrt	8190	1	1.92	0.76	5.42	2.29	4.33	2.32
Fallschirmspringer	5621	1	2.83	1.07	2.83	1.67	5.42	1.75
m			2.40		4.94		4.25	
4 Käfer	1274	2	6.75	1.30	5.50	1.38	3.83	1.62
Toilette	9320	2	8.17	0.90	4.50	1.89	3.92	1.89
Tote Katze	9571	2	8.25	0.83	3.75	2.05	4.08	1.85
Müll	9340	2	6.75	1.48	5.92	2.18	4.67	1.75
m			7.48		4.92		4.13	
Hammer	7034	7	5.42	0.86	6.92	1.75	1.25	0.43
Kleider	7217	7	4.83	0.55	7.50	1.61	3.67	1.97
Segeln	8080	7	4.67	1.80	3.75	1.92	5.17	1.57
Feuerwerk	5910	7	5.00	1.87	5.08	1.89	5.42	1.85
m			4.98		5.81		3.88	

Anmerkung: Kategorie: 1 = positiv, 2 = negativ, 7 = neutral, Nr. = Kodierung der Bilder im IAPS; m = Mittelwert; sd = Standardabweichung; Ratings Valenz von 1 (= angenehm) bis 9 (= unangenehm); Ratings Arousal von 1 (= ruhig) bis 9 (= aufregend); Ratings Komplexität von 1 (= einfach) bis 9 (= komplex).

3.2.3.1.2. Auswahl der „Komplexen Stimuli“

- Stichprobe

Am Vorversuch zur Auswahl der komplexen Stimuli nahmen 24 Versuchspersonen (8 Männer und 16 Frauen im Alter von 20 bis 43 Jahren; m = 28.3 Jahre) teil.

- Untersuchungsablauf

Die Versuchspersonen saßen in einem bequemen Stuhl in einem abgedunkelten Raum 100 cm vor einem Computermonitor. Die Stimuli wurden in zwei unterschiedlichen quasirandomisierten Reihenfolgen jeweils für 500 ms auf dem Computerbildschirm präsentiert. Das Interstimulusintervall betrug 1500 ms. Die Versuchspersonen wurden instruiert, bei jedem Bild zu entscheiden, ob mehr Dreiecke nach oben oder unten ausgerichtet waren (siehe Abbildung 14) und hierauf entweder die linke (12 VPn) oder die rechte (12 VPn) Maustaste so schnell wie möglich zu drücken. Es wurde die Anzahl der richtigen Reaktionen und die mittlere Reaktionszeit über alle VPn für jeden Stimulus berechnet.

- Stimuli

Als Versuchsmaterial wurden Bilder verwendet, auf denen auf einer horizontalen Linie ein bis sechs Dreiecke abgebildet waren. Jedes Dreieck konnte mit der Spitze nach oben oder unten ausgerichtet sein, wobei auf jedem Bild entweder mehr Dreiecke mit der Spitze nach oben oder mehr Dreiecke mit der Spitze nach unten zeigten. Alle Möglichkeiten die Dreiecke auszurichten wurden verwirklicht, so dass insgesamt 96 verschiedene Bilder für den Vorversuch zur Verfügung standen.

- Auswahl der Stimuli

Die Schwierigkeit der Stimuli wurde durch die Reaktionszeit für eine korrekte Antwort operationalisiert. Im Anhang sind für alle Stimuli die Anzahl der richtigen Antworten und die mittlere Reaktionszeit der richtigen Antworten tabellarisch dargestellt (Tabellen VV2_3 bis VV2_6). Entgegen der ursprünglichen Annahme wurde die Reaktionszeit nicht durch die Anzahl der dargebotenen Dreiecke, sondern vielmehr durch die Anzahl der nicht einheitlich dargebotenen Dreiecke bestimmt. Um die Stimuli für den Hauptversuch möglichst gleich bezüglich der Reizeigenschaften zu gestalten, wurden im Weiteren nur Bilder mit 5 Dreiecken ausgewählt. Aus diesen wurden die 6 einfachsten (am schnellsten beantwortet) und die sechs schwierigsten Bilder für den Hauptversuch ausgewählt. In Tabelle 15 sind die Kennwerte der ausgewählten Stimuli wiedergegeben.



Abbildung 14. Beispiele für einen „einfachen“ (links) und „schwierigen“ (rechts) Stimulus

Tabelle 15. Schwierigkeit der ausgewählten „komplexen“ Bilder

Stimuli	„einfache“ Bilder			Stimuli	„schwierige“ Bilder		
	korrekte Antworten	Reaktionszeiten in ms			korrekte Antworten	Reaktionszeiten in ms	
		m	sd			m	sd
5o.tga	15	610.47	148.68	5s3s45.tga	16	1006.44	296.27
5u.tga	17	627.53	276.00	5s2s22.tga	15	1033.20	369.30
5s1s1.tga	14	680.50	207.45	5s2s34.tga	18	1049.50	408.10
5s4s4.tga	12	680.75	192.56	5s2s23.tga	19	1057.47	395.56
5s4s5.tga	18	687.61	268.09	5s3s24.tga	17	1119.29	338.01
5s4s1.tga	17	696.65	209.77	5s3s34.tga	14	1138.36	357.96

Anmerkungen: m = Mittelwert; sd = Standardabweichung

3.2.3.2. *Stimulationsparameter und Erfassung der Leistung*

Die Darbietungszeit der Stimuli lag bei 500 ms, das Interstimulusintervall bei 1500 ms. Die Paradigmen „Gesichterpeak“ und „Emotionaler Gesichtsausdruck“ wurden aus der ersten Untersuchung übernommen, jedoch wurde im Paradigma „Gesichterpeak“ jeder Stimulus nur 3 mal präsentiert (insgesamt 72 Stimuli).

Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ wurden die emotionalen Gesichtsausdrücke „Ärger“, „Furcht“ und „Ekel“ aus dem Set von Ekman & Friesen (1976) von vier Darstellern (2 Männer, 2 Frauen) je 8 mal wiederholt dargeboten. Die VPn wurden instruiert den entsprechenden emotionalen Gesichtsausdruck zu dekodieren.

Im Paradigma „Emotionale Bilder“ wurden 4 Bilder der Kategorie „positiv“, „negativ“ und „neutral“ aus dem IAPS (Lang et al., 1999) je 8 mal präsentiert, so dass insgesamt 96 Stimuli gezeigt wurden. Die VPn hatten während der EEG-Aufzeichnung die Aufgabe, jedes Bild für sie als „positiv“, „negativ“ oder „neutral“ zu bewerten

Im Paradigma „Komplexe Bilder“ wurden 6 „einfache“ und 6 „schwierige“ Bilder (siehe Abbildung 14) je 5 mal präsentiert, so dass insgesamt 60 Stimuli gezeigt wurden. Die VPn hatten während der EEG-Aufzeichnung die Aufgabe, bei jedem Bild in Gedanken zu entscheiden, ob mehr Dreiecke der 5 dargebotenen mit der Spitze nach oben oder nach unten zeigen, und bei Aufforderung die Antwort des zuletzt gezeigten Bildes verbal zu äußern.

Die mittlere Fehlerrate im Paradigmas „Gesichterpeak“ lag bei 1.7%. Im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ unterliefen den VPn durchschnittlich 7.1 % Fehler bei der Kategorisierung des Reizmaterials. Für die Unterscheidung der negativen Emotionsausdrücke betrug die mittlere Fehlerrate 10.4%. „Ärger“ wurde zu 91.3%, „Furcht“ zu 87.5% und „Ekel“ zu 90.0% richtig erkannt. Im Paradigma „Komplexe Bilder“ lag die durchschnittliche Fehlerrate bei 1.7%.

3.2.3.3. *Versuchsplan*

Jede VP führte fünf verschiedene Paradigmen durch (Tabelle 16), während ein EEG aufgezeichnet wurde.

Tabelle 16. Versuchsplan der 2. Untersuchung

Paradigma	Stimuli (n)	Prozess	Anzahl Stimuli
Gesichterpeak	-32 Gebäude -32 Gesichter	Gesichtsverarbeitung	72
Emotionaler Gesichtsausdruck	Gesichter -32 Freude -32 Trauer -32 Neutral	Emotionserkennung positiver und negativer Gesichtsausdrücke	96
Negative Gesichtsausdrücke	Gesichter -32 Ärger -32 Furcht -32 Ekel	Differenzierung negativer Emotionen	96
Emotionale Bilder	IAPS (Bilder) -32 positiv -32 negativ -32 neutral	Verarbeitung emotionaler Reize	96
Komplexe Bilder	Matrizen (abstrakt) -30 komplexe -30 einfache	Verarbeitung komplexer Reize	60
			420*2 sek= = 14 min

Wie in der ersten Untersuchung erfolgte zunächst die Bearbeitung des ersten Paradigmas „Gesichterpeak“. Anschließend wurden die weiteren Paradigmen, in der Reihenfolge systematisch variiert, durchgeführt.

3.2.3.4. Versuchspersonen

Es nahmen 20 Versuchspersonen, 10 Männer und 10 Frauen, an der Untersuchung teil. Alle Versuchspersonen waren rechtshändig. Das durchschnittliche Alter der Männer lag bei 31.7 ± 4.2 , der Frauen bei 28.0 ± 5.0 .

3.2.3.5. EEG: Berechnung und Segmentierung der EKPs

In der Messung „Gesichterpeak“ musste eine Person wegen Artefakten von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Als Zeitfenster zur Bestimmung des Gesichterpeaks wurde für die Elektrodenposition T5 der Abschnitt von 109.4 ms bis 226.6 ms, für die Elektrode T6 der Abschnitt von 109.4 ms bis 214.8 ms und für die Elektrode Cz der Zeitbereich von 121.1 ms bis 222.7 ms gewählt. Für die topographische Auswertung ergaben sich die Segmentgrenzen bei 82.0 ms, 121.1 ms, 183.6 ms, 273.4 ms, 304.7 ms, 398.4 ms, 449.2 ms und 500.0 ms.

Im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ wurden 3 VPn (1, 20, 21) aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen, da zu wenig artefaktfreie EEG-Epochen vorhanden waren. Eingeschlossen in die Auswertung wurden somit 18 Personen. Der Kurvenverlauf der EKPs über den Elektrodenpositionen Fz und Cz wurde in die Segmente P3 von 238.3 ms bis 312.5 ms, P4 von 312.5 ms bis 414.1 ms und P5 von 414.1 ms bis 628.9 ms eingeteilt. Für die EKPs der Elektrodenposition Pz wurden die Segmente P3 von 199.2 ms bis 378.9 ms, P4 von 378.9 ms bis 472.7 ms und P5 von 472.7 ms bis 628.9 ms festgelegt. Die topographische Segmentierung ergab folgende Segmentgrenzen: 85.9 ms, 125.0 ms, 187.5 ms, 375.0 ms, 410.2 ms, 453.1 ms, 511.7 ms, 605.5 ms, 648.4 ms. Die Segmentierung stimmt annähernd mit der Segmentierung der ersten Untersuchung überein (85.9 ms, 128.9 ms, 187.6 ms, 355.5 ms, 394.5 ms, 453.1 ms, 511.7 ms, 605.5 ms, 648.4 ms), so dass ein Vergleich der Segmente zwischen den Untersuchungen direkt möglich ist.

Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ konnten bei 17 VPn genügend artefaktfreie EEG-Epochen je Bedingung ($n \geq 20$) für den Zeitraum von Stimulus Beginn bis 650 ms später extrahiert werden. Für die Elektroden Fz und Cz wurde das EKP in die Segmente P3 von 238.3 ms bis 312.5 ms, P4 von 312.5 ms bis 421.9 ms und P5 von 421.9 ms bis 621.1 ms eingeteilt (siehe Abbildung A6 im Anhang). Der Kurvenverlauf der Elektrode Pz wurde in die Segmente P3 von 257.8 ms bis 378.9

ms und P4 von 378.9 ms bis 621.1 ms unterteilt. Die topographische Segmentierung der gefilterten Daten ergab die Segmentgrenzen bei 85.9 ms, 125.0 ms, 187.5 ms, 371.1 ms, 398.4 ms, 453.1 ms und 609.4 ms.

15 Probanden hatten im Paradigma „Emotionale Bilder“ genügend artefaktfreie EEG-Epochen, und wurden weiter ausgewertet (VP 1, 3, 12, 15, 16, 20 wurden ausgeschlossen). Der Verlauf der EKPs über den Elektrodenpositionen Fz und Cz wurde in die Segmente P3 von 230.5 ms bis 308.6 ms, P4 von 308.6 ms bis 406.3 ms und P5 von 406.3 ms bis 625.0 ms, über Pz in die Segmente P3 von 265.6 ms bis 410.2 ms und P4 von 410.2 ms bis 609.4 ms unterteilt. Die topographische Segmentierung ergab die Segmentgrenzen bei 85.9 ms, 136.7 ms, 164.1 ms, 246.1 ms, 433.6 ms und 605.5 ms.

Im Paradigma „Komplexe Bilder“ wurden vier VPn (VP 3, 12, 17, 20) aufgrund zu weniger artefaktfreier EEG-Epochen aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen, so dass 16 VPn ausgewertet werden konnten. Für die Einzelelektrodenpositionen Fz und Cz wurden die Segmente P3 von 234.4 ms bis 449.2 ms und P4 von 449.2 ms bis 621.1 ms, für die Elektrodenposition Pz die Segmente P3 von 289 ms bis 449.2 ms und P4 von 449.2 ms bis 621.1 ms bestimmt. Die topographische Segmentierung ergab Segmentgrenzen bei 85.9 ms, 125.0 ms, 148.4 ms, 191.4 ms, 269.5 ms, 316.4 ms, 339.8 ms, 382.8 ms, 453.1 ms, 511.7 ms und 644.5 ms.

3.2.4. Ergebnisse

3.2.4.1. Verarbeitung von Gesichtern

- Einzelelektroden

Gesichtsstimuli bewirken eine signifikant höhere Amplitude als die Kontrollreize über den temporalen Elektrodenpositionen T5 ($m_{\text{Gesicht}} = -2.68 \pm 3.24$; $m_{\text{Gebäude}} = -0.66 \pm 3.11$; $t[18] = 3.80$; $p < 0.001$) und T6 ($m_{\text{Gesicht}} = -5.14 \pm 4.24$; $m_{\text{Gebäude}} = -2.10 \pm 3.78$; $t[18] = 5.60$; $p < 0.001$) und über der zentralen Position Cz ($m_{\text{Gesicht}} = 6.19 \pm 3.55$; $m_{\text{Gebäude}} = 4.59 \pm 3.92$; $t[18] = -3.18$; $p < 0.01$). In der Abbildung 15 ist der Verlauf des EKPs über die drei Elektrodenpositionen dargestellt.

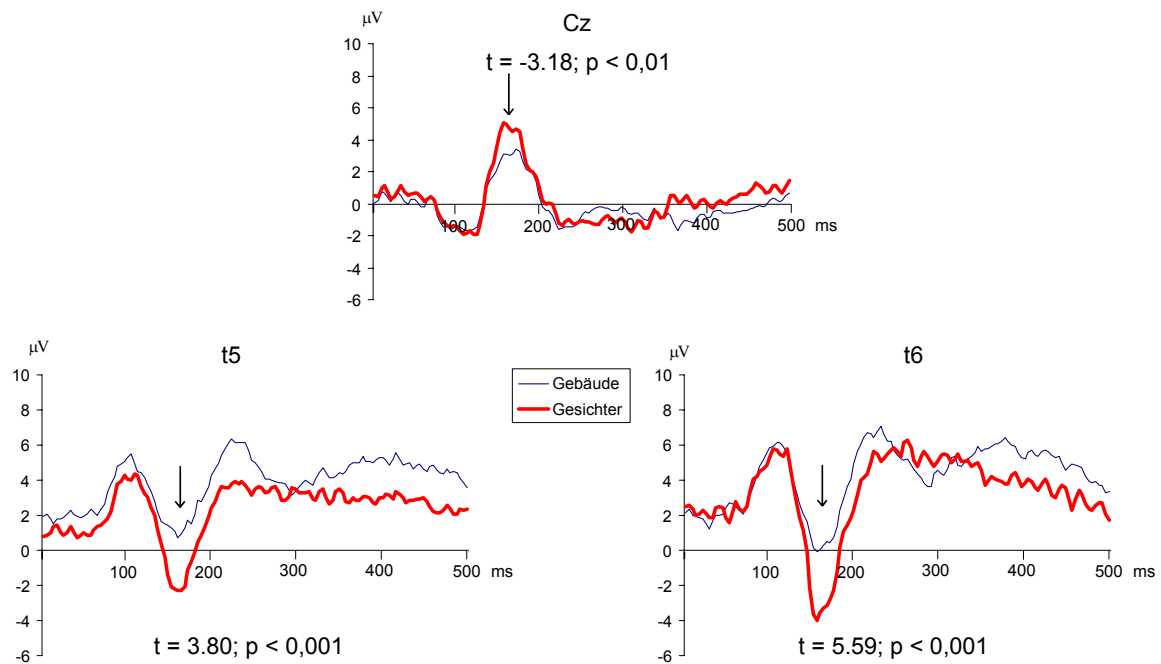


Abbildung 15. Gesichterpeak über den Einzelelektroden. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien) über 3 Einzelelektrodenpositionen (Cz, T5, T6). Die Pfeile markieren den Gesichterpeak

- Gesichterpeak in der GFP

Auch in der GFP zeigt sich im zweiten Segment eine signifikant höhere Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollreizen ($m_{\text{Gesicht}} = 4.51 \pm 1.76$; $m_{\text{Gebäude}} = 3.75 \pm 1.75$; $t[18] = -2.66$; $p < 0.05$; siehe Tabelle 17). In der Abbildung 16 ist der Verlauf der GFP für beide Bedingungen dargestellt.

Tabelle 17. Topographie des Gesichterpeaks

Segment		Gebäude m ± sd	Gesicht m ± sd	t[18]	p
1	Latenz	103.0 ± 11.7	107.3 ± 9.1	-1.75	0.10
	GFP	3.61 ± 1.64	3.38 ± 1.44	1.50	0.15
	CX+	3.17 ± 0.38	3.11 ± 0.40	0.78	0.45
	CY+	3.16 ± 1.33	3.74 ± 1.19	-2.31	0.03
	CX -	3.05 ± 0.31	2.97 ± 0.28	1.35	0.19
	CY -	3.04 ± 1.41	2.66 ± 1.15	1.51	0.15
2	Latenz	139.4 ± 16.3	146.8 ± 14.8	-1.70	0.11
	GFP	3.75 ± 1.75	4.51 ± 1.76	-2.66	0.02
	CX+	2.93 ± 0.43	2.99 ± 0.23	-0.63	0.54
	CY+	2.32 ± 0.92	2.55 ± 1.00	-1.35	0.19
	CX -	3.13 ± 0.47	3.12 ± 0.27	0.05	0.96
	CY -	3.92 ± 1.03	3.99 ± 1.02	-0.42	0.68
3	Latenz	214.2 ± 16.7	218.8 ± 25.2	-0.91	0.38
	GFP	3.86 ± 1.54	3.33 ± 1.46	2.93	0.01
	CX+	3.09 ± 0.33	3.04 ± 0.30	0.84	0.41
	CY+	4.33 ± 0.72	3.91 ± 1.12	1.92	0.07
	CX -	2.96 ± 0.43	3.07 ± 0.38	-0.96	0.35
	CY -	2.14 ± 0.68	2.57 ± 0.92	-2.29	0.03
4	Latenz	284.1 ± 12.0	284.1 ± 12.8	0.00	1.00
	GFP	1.88 ± 0.59	2.14 ± 0.94	-1.17	0.26
	CX+	3.10 ± 0.41	3.04 ± 0.61	0.52	0.61
	CY+	3.09 ± 1.30	3.83 ± 1.08	-3.22	0.01
	CX -	3.09 ± 0.34	3.10 ± 0.52	-0.11	0.91
	CY -	3.04 ± 0.98	2.55 ± 0.87	2.63	0.02
5	Latenz	340.3 ± 26.8	338.8 ± 31.7	0.13	0.90
	GFP	1.96 ± 0.80	2.04 ± 0.80	-0.60	0.55
	CX+	3.14 ± 0.49	3.11 ± 0.57	0.16	0.87
	CY+	3.40 ± 1.18	3.64 ± 1.17	-1.04	0.31
	CX -	2.94 ± 0.44	2.95 ± 0.47	-0.07	0.94
	CY -	2.63 ± 1.08	2.73 ± 1.02	-0.42	0.68
6	Latenz	422.9 ± 14.1	423.5 ± 17.6	-0.12	0.91
	GFP	1.67 ± 0.56	1.56 ± 0.51	1.23	0.24
	CX+	3.23 ± 0.60	3.07 ± 0.49	1.07	0.30
	CY+	3.25 ± 0.83	3.13 ± 0.98	0.45	0.66
	CX -	3.04 ± 0.50	2.98 ± 0.44	0.44	0.67
	CY -	2.82 ± 1.10	3.01 ± 1.28	-0.80	0.44

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. t = t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

Im ersten Segment ist der positive Feldschwerpunkt auf Gesichter weiter posterior lokalisiert als auf Gebäude ($m_{\text{Gesicht}} = 3.74 \pm 1.19$; $m_{\text{Gebäude}} = 3.16 \pm 1.33$; $t[18] = -2.31$; $p < 0.05$) ebenso wie im vierten Segment ($m_{\text{Gesicht}} = 3.83 \pm 1.08$; $m_{\text{Gebäude}} = 3.09 \pm 1.30$; $t[18] = -3.22$; $p < 0.01$). Im dritten Segment ist die GFP auf Gebäude stärker ausgeprägt als auf Gesichter ($m_{\text{Gesicht}} = 3.33 \pm 1.46$; $m_{\text{Gebäude}} = 3.86 \pm 1.54$; $t[18] = 2.93$; $p < 0.01$).

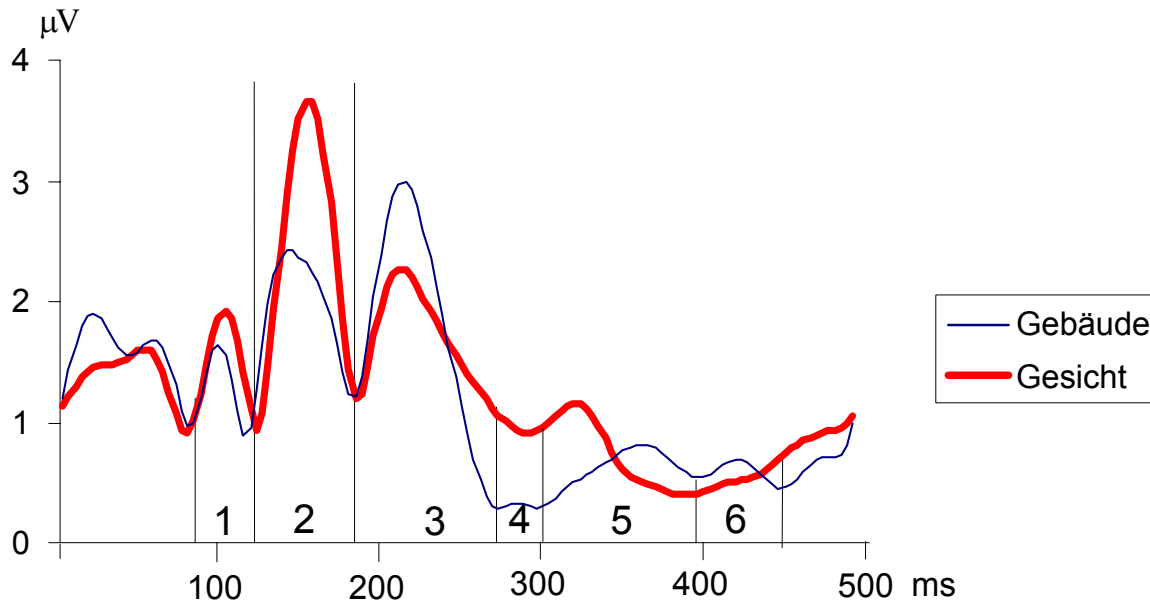


Abbildung 16. Gesichterpeak in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP der EKPs auf Gesichter (dicke Linien) und Gebäude (dünne Linien). Die vertikalen Linien geben die Segmentgrenzen wieder.

- Quellenanalyse des Gesichterpeaks mit LORETA

Im Zeitraum des Gesichterpeaks ergibt sich in der LORETA Quellenanalyse eine hochsignifikant stärkere Aktivierung ($Z = -6.06$; $p = 0.0002$) auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollreizen mit einem Schwerpunkt links im Gyrus Parahippocampalis (siehe Tabelle 18 und Abbildung 17). Des Weiteren lokalisiert LORETA eine stärkere Aktivierung auf Gesichter im linken Gyrus Cingulum, im rechten inferioren und mittleren Gyrus Temporalis, und im linken inferioren Parietallappen.

Tabelle 18. Lokalisation des Gesichterpeaks in der 2. Untersuchung

	Talairach Koordinaten				
	BA	X	Y	Z	Z-Wert
Gyrus Parahippocampalis	HC	-31	-18	-20	-6.06
Gyrus Cingulum	HC	-31	-18	-13	-6.06
inferiorer Gyrus Temporalis	20	60	-39	-20	-5.01
inferiorer Parietallappen	40	-52	-53	50	-5.01
mittlerer Gyrus Temporalis	21	46	-32	1	-3.96

Anmerkung: Lokalisationen des statistischen Vergleichs der LORETA Quellen zwischen Gebäude- und Gesichts- EKPs. BA = Brodman Area; X, Y, Z = Talairach Koordinaten in der X, Y, Z Richtung, Z-Wert = Z-Wert des statistischen Vergleichs für die entsprechende Lokalisation; $p < 0.05$: $Z = 3.75$; HC = Hippocampus

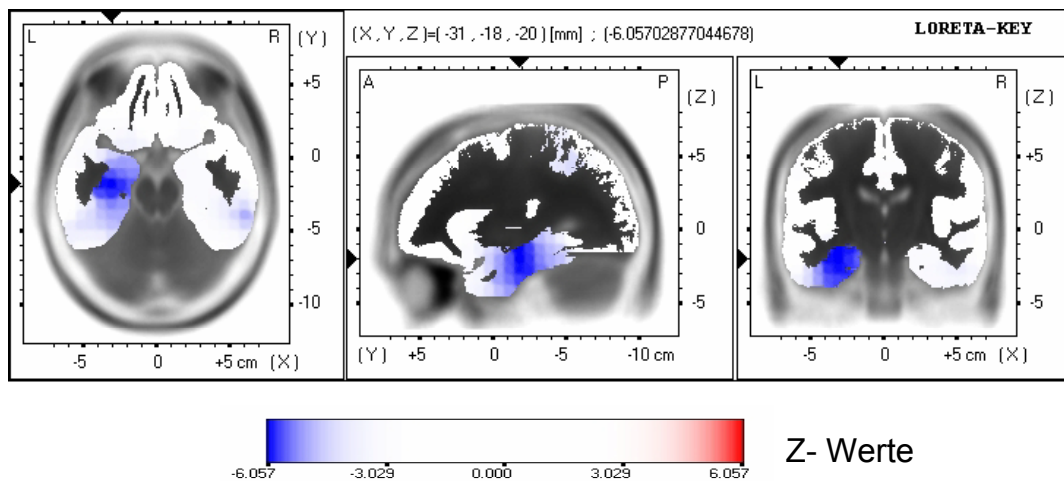


Abbildung 17. Gesichterpeak in LORETA. Graphische Darstellung der Z-Statistiken für die stärkere Aktivierung auf Gesichts- EKPs in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die blaue Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.

3.2.4.2. Unterscheidung positiver und negativer Gesichtsausdrücke

- Emotionseffekte in den Einzelelektroden

Die Amplituden über der Elektrodenposition Cz unterscheiden sich im Zeitsegment P4 (von 312.5 ms - 414.1 ms) tendenziell zwischen den Bedingungen ($F[2,34] = 3.14$; $p < 0.10$; Tabelle 19). Allerdings ist nur die Amplitude auf „Freude“ (2.52 ± 2.14) tendenziell höher als auf „Trauer“ ($m = 1.36 \pm 2.42$; $t[17] = 2.10$; $p < 0.10$; zweiseitig siehe Abbildung 18).

Tabelle 19. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz

		Freude	Trauer	Neutral			
Segment		m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd	F	df	p
Fz	P3	-1.59 \pm 2.98	-0.99 \pm 2.07	-0.87 \pm 2.57	0.76	1.4, 23.2	0.48
	P4	0.62 \pm 2.57	0.84 \pm 1.76	0.28 \pm 1.87	0.43	1.3, 22.0	0.57
	P5	1.96 \pm 2.41	2.15 \pm 1.64	1.99 \pm 1.38	0.06	1.3, 22.5	0.87
Cz	P3	1.45 \pm 2.65	0.93 \pm 1.92	1.34 \pm 2.23	0.72	2, 34	0.50
	P4	2.52 \pm 2.14	1.36 \pm 2.42	1.96 \pm 2.06	3.14	2, 34	0.06
	P5	4.78 \pm 2.51	3.89 \pm 1.90	4.23 \pm 2.63	2.38	1.5, 25.7	0.12
Pz	P3	6.37 \pm 2.01	6.19 \pm 1.82	6.11 \pm 2.15	0.23	2, 34	0.79
	P4	5.66 \pm 1.89	5.34 \pm 2.36	5.94 \pm 2.17	1.44	2, 34	0.25
	P5	5.67 \pm 2.04	5.56 \pm 2.14	5.77 \pm 2.41	0.19	2, 34	0.83

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

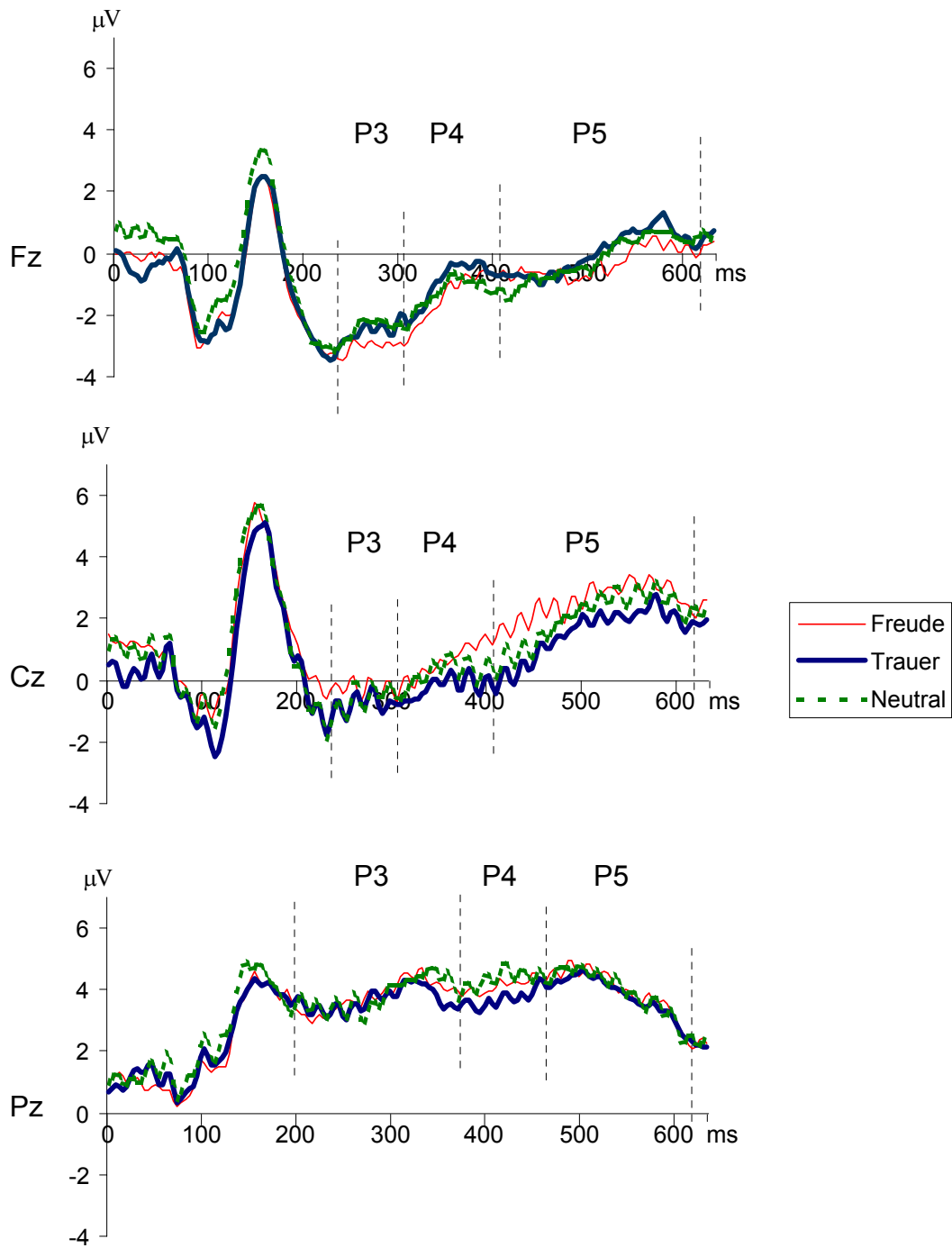


Abbildung 18. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- Emotionseffekte in der topographischen Auswertung

Die Mittelwerte der topographischen Parameter und die statistischen Kennwerte zur Testung auf Unterschiede zwischen den Bedingungen sind in Tabelle 20 für die Segmente 1 bis 4, und in Tabelle 21 für die Segmente 5 bis 8 wiedergegeben.

Im Zeitbereich 2 zeigen sich entgegen der Erwartung keine signifikanten Amplitudendifferenzen in der GFP zwischen den Bedingungen ($F[2,34] = 0.65$; $p = 0.53$). Im Zeitbereich 3 unterscheiden sich die Lokalisationen der positiven Centroide signifikant bezüglich der links-rechts Ausrichtung in Abhängigkeit vom emotionalen Gesichtsausdruck ($F[2,34] = 3.39$; $p < 0.05$). Der positive Centroid auf „Trauer“ ($m = 2.96 \pm 0.32$) liegt, wie in der ersten Untersuchung, signifikant weiter links-hemisphärisch als auf „Neutral“ ($m = 3.13 \pm 0.36$; $t[17] = -2.47$; $p < 0.05$) und auch tendenziell weiter links-hemisphärisch als auf „Freude“ ($m = 3.05 \pm 0.31$; $t[17] = -1.92$; $p < 0.10$; Abbildung 18). Jedoch konnte in dieser Untersuchung, entgegen den Hypothesen, keine unterschiedliche Lokalisation des positiven Centroiden in der anterior-posterior Richtung im dritten ($F[1.4,29.9] = 0.10$; $p = 0.83$) und sechsten Zeitsegment ($F[1.6,26.5] = 1.65$; $p = 0.22$), noch eine unterschiedliche GFP im vierten Zeitsegment ($F[2,34] = 0.01$; $p = 0.99$) nachgewiesen werden. Stattdessen unterscheiden sich im vierten Segment der positive ($F[2,34] = 3.56$; $p < 0.05$) und negative Centroid ($F[2,34] = 3.53$; $p < 0.05$) in der anterior-posterior Richtung, der positive Centroid im achten Segment ($F[1.5,24.7] = 6.23$; $p < 0.05$) und der negative Centroid im sechsten Segment ($F[1.5,25.3] = 4.73$; $p < 0.05$) in der links-rechts Achse zwischen den Bedingungen. Der positive Centroid im vierten Segment auf „Trauer“ ($m = 2.85 \pm 0.93$; $t[17] = -3.14$; $p < 0.01$) und tendenziell auch auf „Freude“ ($m = 2.95 \pm 0.95$; $t[17] = -1.77$; $p < 0.10$) ist weiter anterior lokalisiert als auf „Neutral“ ($m = 3.37 \pm 0.98$). Der negative Centroid im vierten Segment ist auf „Trauer“ ($m = 3.16 \pm 1.07$; $t[17] = 2.90$; $p < 0.01$) und tendenziell auch auf „Freude“ ($m = 3.09 \pm 1.24$; $t[17] = 2.03$; $p < 0.10$) weiter posterior lokalisiert als auf „Neutral“ ($m = 2.56 \pm 1.06$). Der positive Centroid im achten Segment ist sowohl auf „Trauer“ ($m = 2.93 \pm 0.39$; $t[17] = -0.37$; $p < 0.05$) als auch auf „Freude“ ($m = 2.91 \pm 0.33$; $t[17] = -3.17$; $p < 0.01$) signifikant weiter links-hemisphärisch als auf „Neutral“ ($m = 3.18 \pm 0.36$) lokalisiert.

Tabelle 20. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 1-4.

Seg	Var	Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
1	Latenz	108.9 ± 9.9	109.8 ± 8.0	107.6 ± 10.9	1.39	2, 34	0.26
	GFP	3.19 ± 1.35	3.38 ± 1.47	3.41 ± 1.46	1.69	2, 34	0.20
	CX+	3.25 ± 0.43	3.20 ± 0.38	3.11 ± 0.43	1.45	2, 34	0.25
	CY+	3.79 ± 1.12	3.74 ± 1.16	3.67 ± 1.30	0.28	1.2, 19.9	0.64
	CX-	2.94 ± 0.46	2.99 ± 0.42	2.97 ± 0.36	0.23	2, 34	0.79
	CY-	2.70 ± 1.01	2.59 ± 1.12	2.66 ± 1.16	0.28	1.5, 25.2	0.69
2	Latenz	153.4 ± 11.6	152.8 ± 11.5	153.6 ± 8.5	0.15	1.2, 20.6	0.75
	GFP	4.59 ± 1.53	4.55 ± 1.60	4.71 ± 1.47	0.65	2, 34	0.53
	CX+	2.97 ± 0.24	2.88 ± 0.24	2.93 ± 0.29	1.11	1.4, 24.5	0.33
	CY+	2.32 ± 0.67	2.31 ± 0.70	2.25 ± 0.48	0.35	1.3, 21.3	0.61
	CX-	3.17 ± 0.36	3.21 ± 0.27	3.24 ± 0.37	0.31	1.1, 19.3	0.61
	CY-	4.26 ± 0.77	4.27 ± 0.59	4.29 ± 0.65	0.05	2, 34	0.95
3	Latenz	227.9 ± 31.6	229.4 ± 35.9	228.9 ± 31.4	0.02	2, 34	0.98
	GFP	3.27 ± 1.09	3.17 ± 1.06	3.18 ± 0.98	0.33	2, 34	0.72
	CX+	3.05 ± 0.31	2.96 ± 0.32	3.13 ± 0.36	3.39	2, 34	0.04
	CY+	3.94 ± 1.19	4.03 ± 1.03	3.93 ± 1.21	0.10	1.4, 29.9	0.83
	CX-	3.09 ± 0.22	3.15 ± 0.32	3.06 ± 0.36	0.83	2, 34	0.44
	CY-	2.44 ± 1.00	2.33 ± 0.87	2.50 ± 0.95	0.49	1.5, 25.6	0.56
4	Latenz	390.8 ± 13.4	386.1 ± 12.0	391.7 ± 13.5	1.14	2, 34	0.33
	GFP	1.27 ± 0.45	1.27 ± 0.34	1.26 ± 0.33	0.01	2, 34	0.99
	CX+	3.14 ± 0.44	3.21 ± 0.54	3.00 ± 0.57	1.21	2, 34	0.31
	CY+	2.95 ± 0.95	2.85 ± 0.93	3.37 ± 0.98	3.56	2, 34	0.04
	CX-	3.03 ± 0.38	2.92 ± 0.39	2.98 ± 0.38	0.46	2, 34	0.63
	CY-	3.09 ± 1.24	3.16 ± 1.07	2.56 ± 1.06	3.53	2, 34	0.04

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+= Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+= Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX - = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY - = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

Tabelle 21. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ in den Segmenten 5-8.

Seg	Var	Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
5	Latenz	427.1 ± 15.9	427.7 ± 15.6	425.8 ± 16.0	0.08	2, 34	0.92
	GFP	1.28 ± 0.48	1.14 ± 0.35	1.27 ± 0.34	1.15	1.5, 25.9	0.32
	CX+	3.06 ± 0.45	2.99 ± 0.62	3.18 ± 0.41	0.97	2, 34	0.39
	CY+	2.86 ± 0.90	2.95 ± 0.94	3.22 ± 1.07	1.21	2, 34	0.31
	CX-	2.91 ± 0.45	3.06 ± 0.48	2.87 ± 0.26	0.97	1.4, 23.0	0.36
	CY-	3.33 ± 1.21	3.16 ± 1.10	2.84 ± 1.30	1.68	1.4, 23.9	0.21
6	Latenz	477.4 ± 18.3	481.6 ± 22.1	489.2 ± 22.8	1.52	2, 34	0.23
	GFP	1.28 ± 0.33	1.08 ± 0.36	1.20 ± 0.37	3.16	2, 34	0.06
	CX+	3.04 ± 0.45	3.00 ± 0.39	2.82 ± 0.51	2.24	2, 34	0.12
	CY+	2.86 ± 0.89	3.06 ± 0.74	2.64 ± 0.90	1.64	1.6, 26.5	0.22
	CX-	3.16 ± 0.53	3.02 ± 0.50	3.36 ± 0.35	4.73	1.5, 25.3	0.03
	CY-	3.53 ± 1.22	3.31 ± 1.30	3.71 ± 1.07	0.97	2, 34	0.39
7	Latenz	574.4 ± 21.3	573.1 ± 24.6	567.1 ± 22.5	0.68	2, 34	0.51
	GFP	1.79 ± 0.55	1.81 ± 0.59	1.83 ± 0.49	0.08	2, 34	0.93
	CX+	3.14 ± 0.44	2.89 ± 0.44	2.95 ± 0.18	2.34	2, 34	0.11
	CY+	1.96 ± 0.27	2.00 ± 0.31	1.92 ± 0.26	0.66	2, 34	0.52
	CX-	3.02 ± 0.45	3.22 ± 0.39	3.22 ± 0.32	1.94	2, 34	0.16
	CY-	4.35 ± 0.28	4.42 ± 0.22	4.45 ± 0.17	1.26	2, 34	0.30
8	Latenz	624.6 ± 7.5	624.6 ± 6.8	622.6 ± 7.2	0.49	2, 34	0.62
	GFP	2.05 ± 0.91	1.96 ± 0.81	2.00 ± 0.58	0.16	2, 34	0.85
	CX+	2.91 ± 0.33	2.93 ± 0.39	3.18 ± 0.36	6.23	1.5, 26.0	0.02
	CY+	1.87 ± 0.56	1.97 ± 0.50	1.98 ± 0.70	0.22	2, 34	0.80
	CX-	3.25 ± 0.29	3.15 ± 0.49	3.07 ± 0.39	1.80	2, 34	0.18
	CY-	4.04 ± 0.61	4.07 ± 0.45	4.18 ± 0.42	0.59	1.5, 25.3	0.51

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+= Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+= Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX - = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY - = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

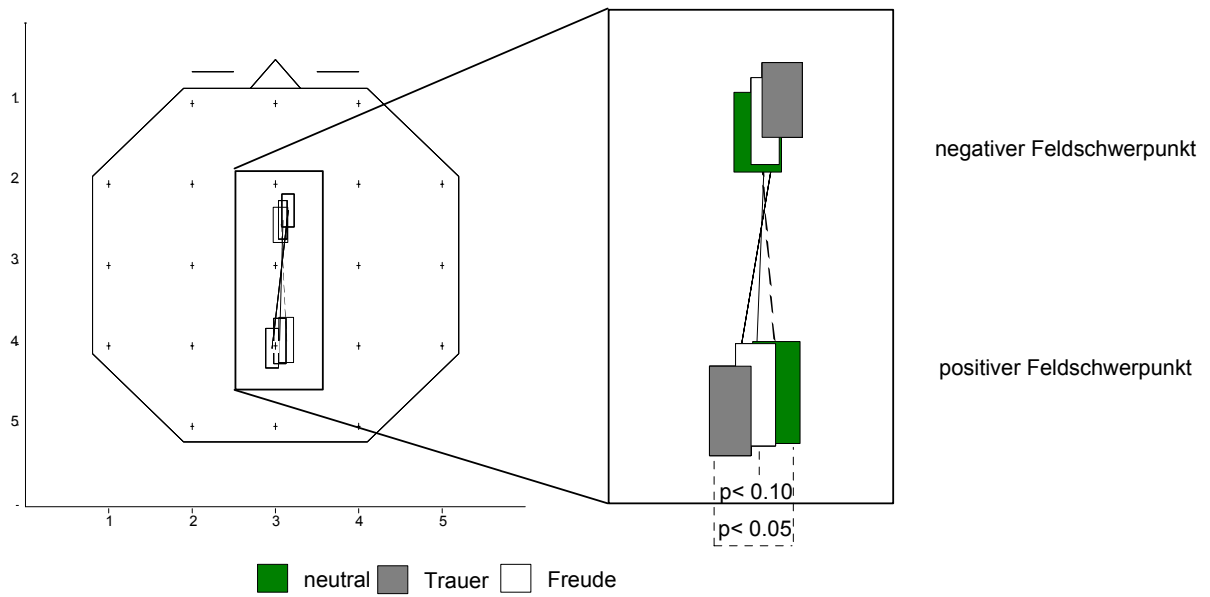


Abbildung 19. Dargestellt sind die positiven und negativen Feldschwerpunkte des elektrischen Feldes der EKPs auf Gesichtern mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck im dritten Zeitsegment.

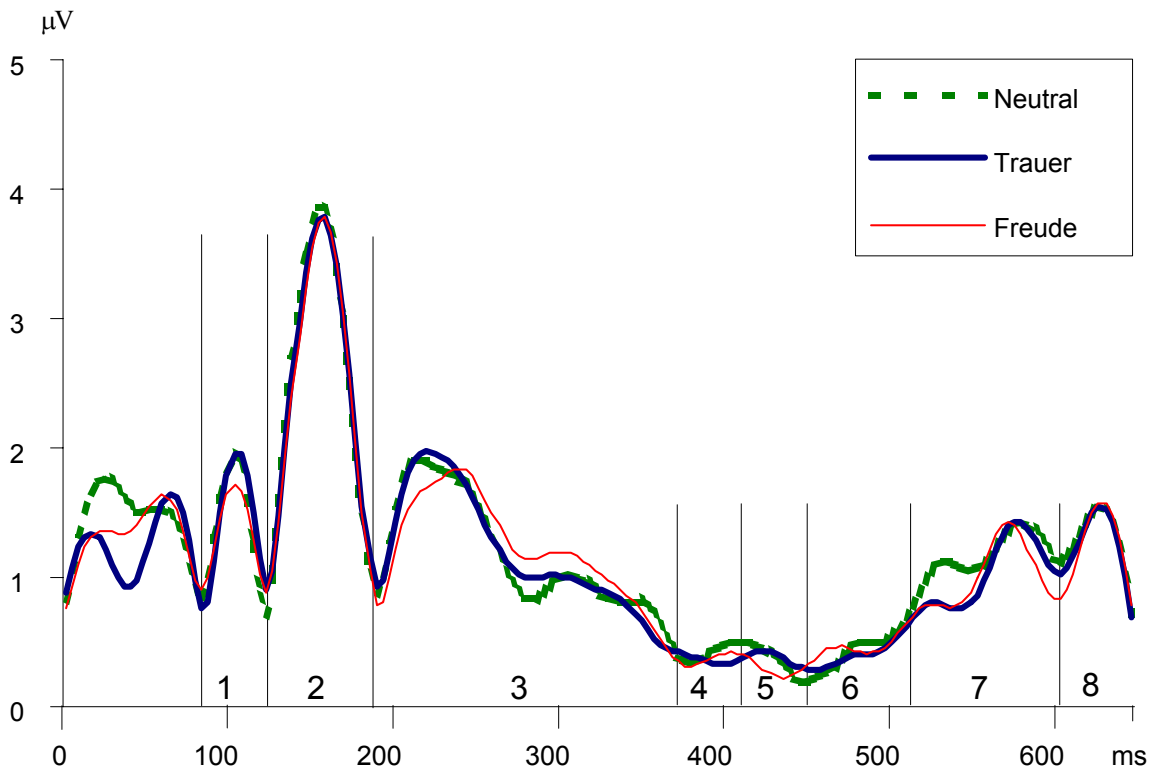


Abbildung 20. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichtern mit „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

3.2.4.3. Unterscheidung negativer Gesichtsausdrücke

- Emotionseffekte in den Einzelelektroden

Es zeigen sich keinerlei signifikante Unterschiede in den Amplituden der EKPs auf Gesichter mit den Ausdrücken „Furcht“, „Ärger“ und „Ekel“ (Tabelle 22). In Abbildung 21 ist der Verlauf der EKPs dargestellt.

Tabelle 22. Emotionseffekt auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

Segment		Furcht	Ärger	Ekel	F	df	p
		m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd			
Fz	P3	-0.99 \pm 2.45	-0.91 \pm 2.29	-1.28 \pm 2.91	0.24	1.4, 22.4	0.71
	P4	0.50 \pm 1.90	1.12 \pm 2.16	-0.04 \pm 2.63	1.44	1.3, 20.8	0.25
	P5	1.57 \pm 1.74	2.33 \pm 2.05	1.55 \pm 2.21	0.93	1.3, 21.1	0.37
Cz	P3	1.37 \pm 2.17	1.27 \pm 1.92	1.87 \pm 2.49	1.63	2, 32	0.21
	P4	1.79 \pm 1.72	2.36 \pm 1.61	2.22 \pm 1.63	2.28	2, 32	0.12
	P5	3.70 \pm 2.21	3.68 \pm 1.34	3.52 \pm 2.04	0.13	2, 32	0.88
Pz	P3	5.78 \pm 2.07	6.18 \pm 2.04	5.91 \pm 2.04	0.72	2, 32	0.49
	P4	0.50 \pm 1.90	5.86 \pm 2.04	6.06 \pm 2.16	0.29	2, 32	0.75

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz Gesichter mit Furcht, Ärger und Ekel als Gesichtsausdruck für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

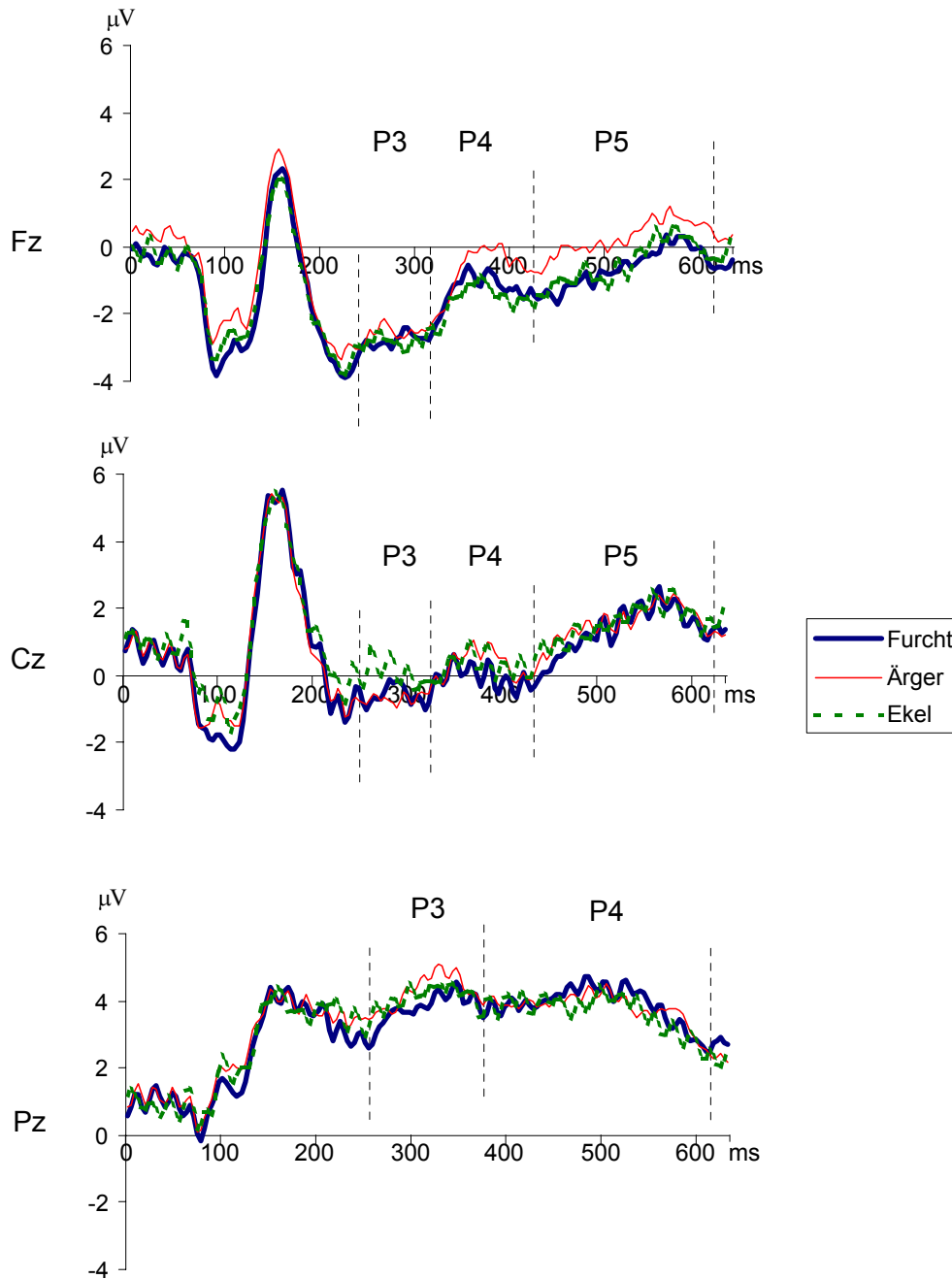


Abbildung 21. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit „Furcht“, „Ärger“ und „Ekel“ als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- Emotionseffekte in der topographischen Auswertung

Die Lokalisationen in der links-rechts Richtung der negativen Feldschwerpunkte auf die drei emotionalen Gesichtsausdrücke unterscheiden sich signifikant im 6. Segment von 453.1 ms bis 609.4 ms ($F[2,32] = 3.83$; $p < 0.05$; siehe auch Tabelle A4 im Anhang für die vollständige Darstellung der Auswertung). Der negative Centroid

auf „Ärger“ ($m = 3.33 \pm 0.40$) ist in diesem Segment signifikant weiter rechts lokalisiert als auf „Ekel“ ($m = 3.05 \pm 0.30$; $t[16] = -4.51$; $p < 0.001$) und auch tendenziell weiter rechts als auf „Furcht“ ($m = 3.13 \pm 0.38$; $t[16] = -1.95$; $p < 0.10$). Die Lokalisation des positiven Centroids im dritten Segment unterscheidet sich nicht zwischen den Kategorien ($F[1.2,19.1] = 0.99$; $p = 0.35$), und auch sonst ergeben sich keine weiteren signifikanten Unterschiede. In Abbildung 22 ist der Verlauf der GFP darstellt.

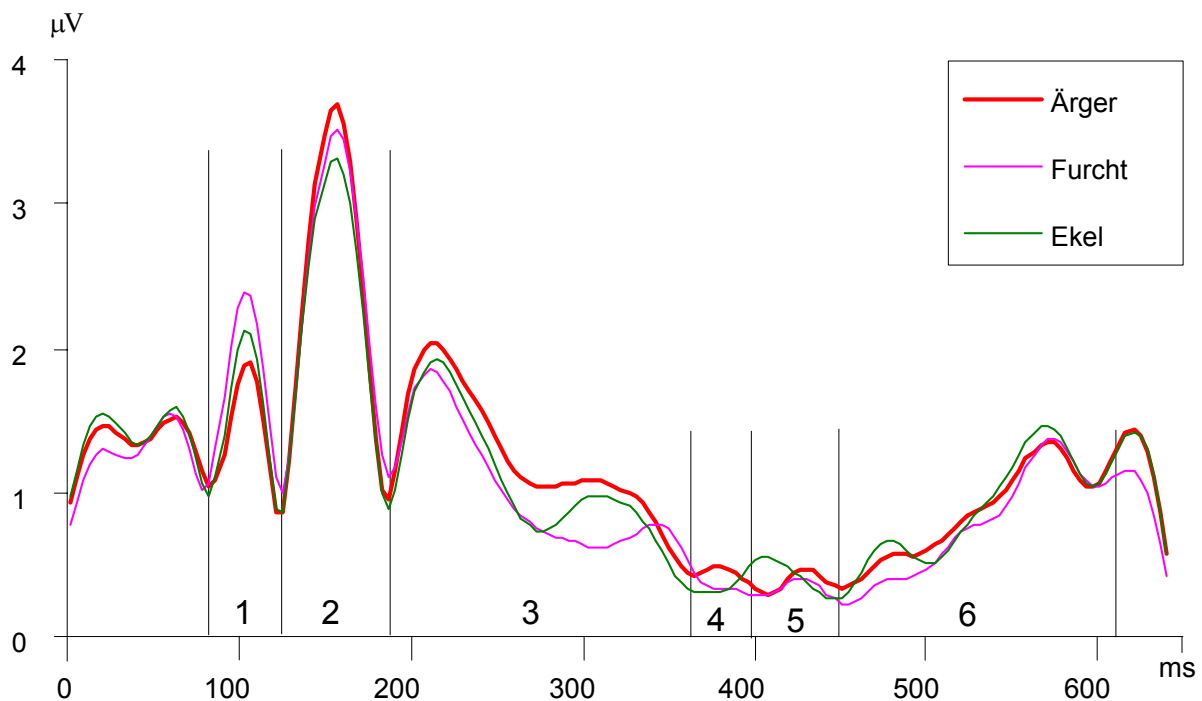


Abbildung 22. Emotionseffekt in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf Gesichter mit Furcht, Ärger und Ekel als Gesichtsausdruck. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

3.2.4.4. Effekte der emotionalen Bedeutung der Stimuli

- Emotionseffekte in den Einzelelektroden

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in den Amplituden auf die drei unterschiedlichen emotionalen Bildkategorien über den untersuchten Elektrodenlokalisationen Fz, Cz und Pz (Tabelle 23). Der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 23 dargestellt.

Tabelle 23. Emotionseffekte auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

Segment		positiv	negativ	neutral	F	df	p
		m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd			
Fz	P3	-1.34 \pm 2.47	-1.99 \pm 2.73	-2.17 \pm 2.94	2.57	2, 28	0.09
	P4	-0.47 \pm 1.98	-0.94 \pm 2.94	-0.79 \pm 2.28	0.70	2, 28	0.51
	P5	1.31 \pm 1.09	1.14 \pm 2.04	0.85 \pm 1.98	1.23	2, 28	0.31
Cz	P3	0.59 \pm 1.94	0.04 \pm 1.88	-0.32 \pm 1.87	1.35	2, 28	0.28
	P4	0.38 \pm 1.49	-0.36 \pm 2.24	-0.02 \pm 1.79	0.73	2, 28	0.49
	P5	2.86 \pm 1.36	3.48 \pm 1.81	2.47 \pm 2.02	1.48	1.5, 21.0	0.25
Pz	P3	5.05 \pm 1.87	4.85 \pm 1.75	5.11 \pm 1.53	0.27	2, 28	0.76
	P4	4.91 \pm 2.38	5.45 \pm 2.61	5.24 \pm 2.22	0.85	2, 28	0.44

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für positive, negative und neutrale Bilder für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

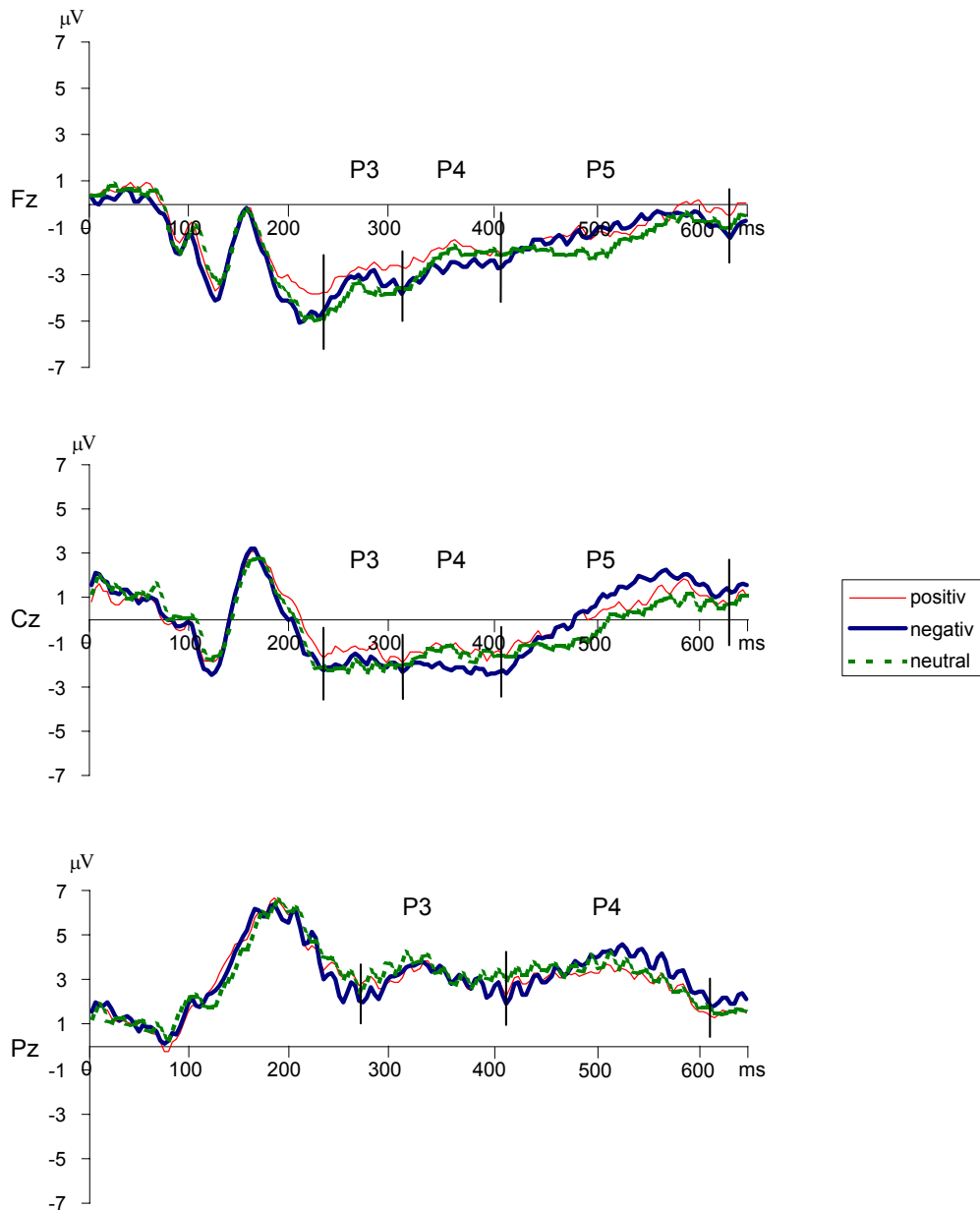


Abbildung 23. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf positive, negative und neutrale Bilder. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- Emotionseffekte in der topographischen Auswertung

In der topographischen Auswertung ergab sich hypothesenkonform eine tendenziell unterschiedliche Lokalisation der positiven Feldschwerpunkte auf positive, negative und neutrale Bilder im dritten Zeitfenster von 164.1 ms bis 246.1 ms ($F[2, 28] = 3.08$; $p < 0.10$, Tabelle 24). Darüber hinaus zeigten sich keine weiteren signifikanten Unterschiede in der topographischen Auswertung.

Tabelle 24. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionale Bilder“ für 5 Segmente

Seg	Var	positiv m ± sd	negativ m ± sd	neutral m ± sd	F	df	p
1	Latenz	107.3 ± 11.4	109.6 ± 13.8	105.7 ± 13.6	0.72	1.4, 19.6	0.45
	GFP	1.62 ± 0.56	1.65 ± 0.58	1.68 ± 0.58	0.34	2, 28	0.72
	CX+	3.13 ± 0.26	3.04 ± 0.47	3.16 ± 0.27	0.61	1.4, 18.9	0.49
	CY+	3.61 ± 1.21	3.71 ± 1.15	3.65 ± 1.12	0.51	2, 28	0.61
	CX-	2.94 ± 0.41	3.12 ± 0.43	3.05 ± 0.34	1.08	1.3, 17.7	0.33
	CY-	2.61 ± 1.16	2.51 ± 1.05	2.43 ± 1.09	1.34	2, 28	0.28
2	Latenz	148.4 ± 11.0	150.0 ± 11.1	150.26 ± 10.8	0.79	1.5, 20.5	0.43
	GFP	1.16 ± 0.36	1.17 ± 0.36	1.11 ± 0.38	0.43	2, 28	0.66
	CX+	2.93 ± 0.36	3.02 ± 0.25	2.95 ± 0.44	1.06	1.5, 20.3	0.34
	CY+	3.26 ± 0.97	3.10 ± 0.96	2.97 ± 0.82	1.42	2, 28	0.26
	CX-	3.08 ± 0.44	3.08 ± 0.47	3.18 ± 0.63	1.11	2, 28	0.34
	CY-	2.97 ± 1.05	3.11 ± 1.00	3.22 ± 1.00	0.80	2, 28	0.46
3	Latenz	208.3 ± 22.4	196.6 ± 21.4	205.47 ± 21.9	3.13	2, 28	0.06
	GFP	1.65 ± 0.61	1.76 ± 0.61	1.83 ± 0.62	3.79	2, 28	0.04
	CX+	3.08 ± 0.18	2.96 ± 0.28	3.06 ± 0.26	3.08	2, 28	0.06
	CY+	4.46 ± 0.18	4.21 ± 0.71	4.33 ± 0.71	1.49	1.5, 21.0	0.25
	CX-	2.94 ± 0.23	2.96 ± 0.21	3.00 ± 0.24	0.64	2, 28	0.53
	CY-	1.76 ± 0.20	2.02 ± 0.77	1.92 ± 0.67	1.12	2, 28	0.34
4	Latenz	287.0 ± 48.2	313.0 ± 60.9	291.15 ± 65.4	2.70	2, 28	0.08
	GFP	1.10 ± 0.38	1.21 ± 0.31	1.22 ± 0.46	0.83	2, 28	0.45
	CX+	3.14 ± 0.34	3.08 ± 0.40	3.04 ± 0.35	0.60	1.5, 21.3	0.52
	CY+	3.79 ± 1.11	3.53 ± 1.36	3.74 ± 1.27	1.65	1.3, 18.8	0.22
	CX-	2.97 ± 0.34	3.03 ± 0.25	3.12 ± 0.27	1.34	2, 28	0.28
	CY-	2.64 ± 1.06	2.86 ± 0.98	2.65 ± 0.80	0.99	1.3, 17.7	0.35
5	Latenz	545.1 ± 46.2	533.6 ± 65.7	537.76 ± 51.0	0.34	2, 28	0.71
	GFP	0.84 ± 0.40	0.94 ± 0.38	0.84 ± 0.27	0.94	2, 28	0.40
	CX+	3.12 ± 0.55	3.28 ± 0.48	3.06 ± 0.45	0.86	1.5, 17.7	0.41
	CY+	3.47 ± 0.99	3.44 ± 1.10	3.68 ± 1.02	0.45	2, 28	0.65
	CX-	2.99 ± 0.61	2.89 ± 0.47	3.02 ± 0.43	0.33	2, 28	0.72
	CY-	2.51 ± 1.07	2.52 ± 1.04	2.48 ± 1.03	0.01	2, 28	0.99

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade (df) und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

Der positive Centroid auf negative Bilder ($m = 2.96 \pm 0.28$) liegt signifikant weiter links hemisphärisch als auf neutrale Bilder ($m = 3.06 \pm 0.26$; $t[14] = 2.26$; $p < 0.05$) und tendenziell weiter links als auf positive Bilder ($m = 3.08 \pm 0.18$; $t[14] = 1.82$; $p < 0.10$). Abbildung 24 zeigt den Verlauf der GFP.

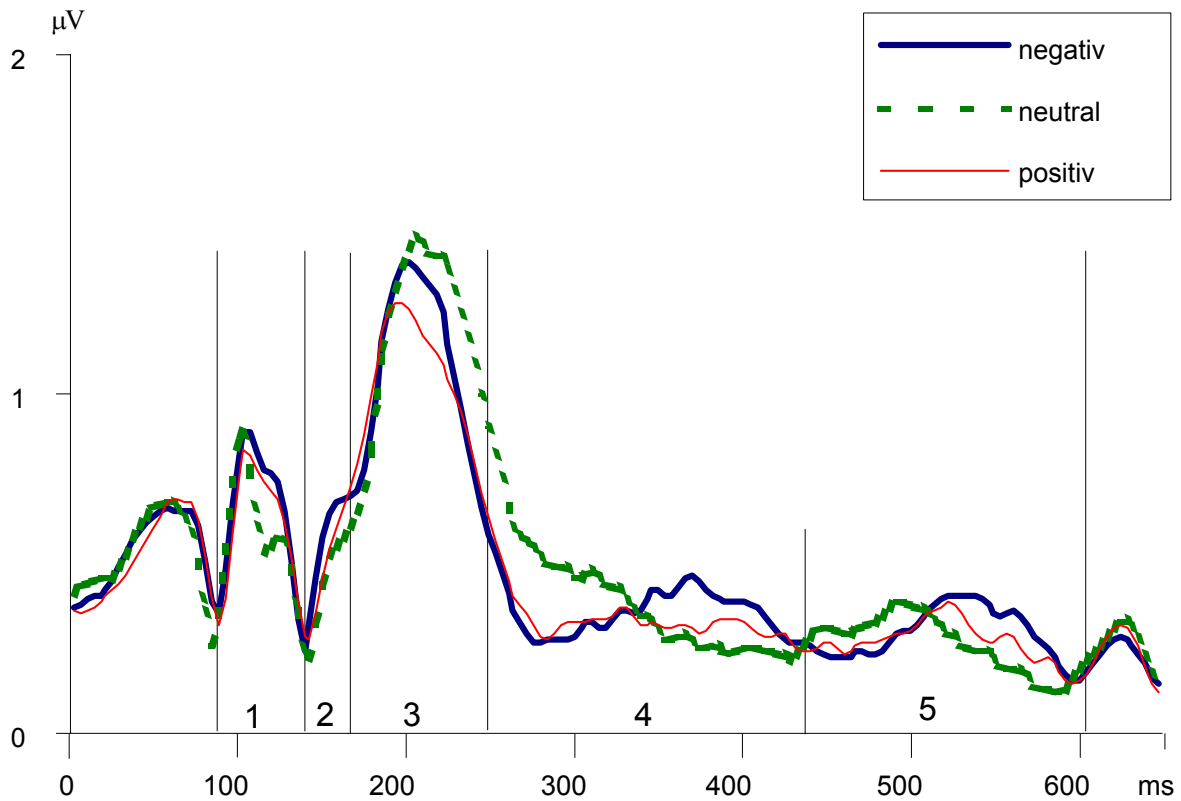


Abbildung 24. Emotionseffekt in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf positive, negative und neutrale Bilder. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

3.2.4.5. Effekte der Schwierigkeit der Stimuli

- Effekte der Aufgabenschwierigkeit in den Einzelelektroden

Die Amplituden über der Elektrodenposition Cz im Zeitfenster P4 (von 449.2 ms bis 621.1 ms) sind für leicht zu bearbeitende Reize tendenziell höher ($m = 3.56 \pm 1.49$; $t[15] = 1.99$; $p < 0.10$) als für schwierig zu bearbeitende Reize ($m = 1.89 \pm 2.96$; Tabelle 25). Im Gegensatz hierzu sind die Amplituden über Pz im Zeitfenster P3 von 289.1 ms bis 449.2 ms für schwierig zu bearbeitende Reize tendenziell höher ($m = 5.56 \pm 2.23$; $t[15] = 1.81$; $p < 0.10$) als für leicht zu bearbeitende Reize ($m = 4.93 \pm 2.15$).

In Abbildung 25 ist der Verlauf der EKPs dargestellt.

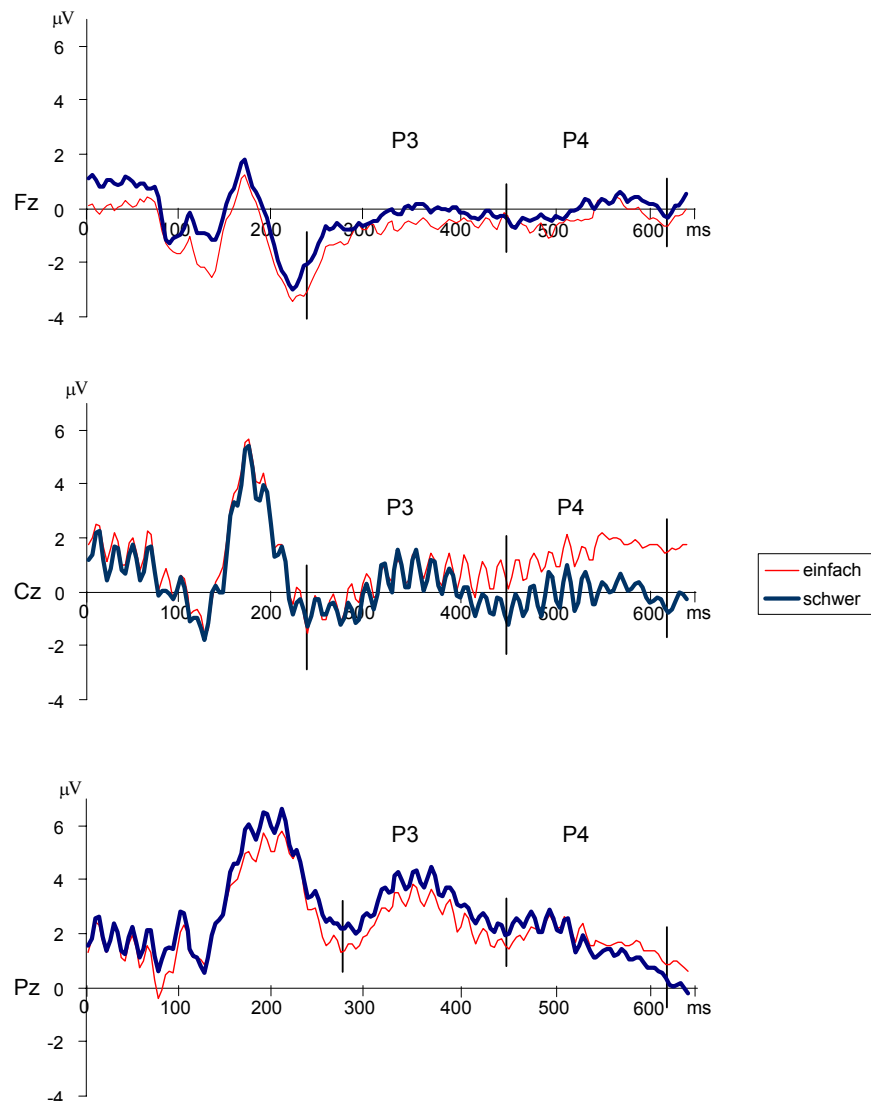


Abbildung 25. Effekte der Aufgabenschwierigkeit über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf einfach und schwierig zu bearbeitende Bilder. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

Tabelle 25. Effekte der Schwierigkeit auf die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die zwei Segmente P3 und P4.

		einfach	schwierig		
	Segment	m \pm sd	m \pm sd	t[15]	p
Fz	P3	1.61 \pm 1.92	1.86 \pm 2.18	-0.44	0.67
	P4	1.52 \pm 1.72	1.62 \pm 1.53	-0.22	0.83
Cz	P3	3.03 \pm 1.94	2.73 \pm 2.26	0.40	0.69
	P4	3.56 \pm 1.49	1.89 \pm 2.96	1.99	0.06
Pz	P3	4.93 \pm 2.15	5.56 \pm 2.34	-1.81	0.09
	P4	3.75 \pm 2.02	3.66 \pm 2.28	0.16	0.87

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für einfache und schwierige Aufgaben für die Segmente P3, P4 und P5. t = t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test für abhängige Stichproben mit dazugehöriger Irrtumswahrscheinlichkeit p; df = 15.

- Effekte in der topographischen Auswertung

Die EKPs auf einfach und schwierig zu bearbeitende Reize bilden ihren Peak in der GFP im Zeitsegment 2 (von 125.0 ms bis 148.4 ms) zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus. Die Latenz des GFP-Peaks auf „einfache“ Reize (m = 134.5 \pm 7.8 ms) ist signifikant verlängert im Vergleich zur Latenz des GFP-Peaks auf „schwierige“ Reize (m = 130.9 \pm 6.5 ms; t[15] = 2.46; p < 0.05). Des Weiteren zeigt sich in diesem Zeitbereich, dass der negative Centroid auf „schwierige“ Reize (m = 3.37 \pm 0.88) signifikant weiter posterior lokalisiert ist als auf „einfache“ Reize (m = 2.96 \pm 0.98; t[15] = 2.94; p < 0.01). Im anschließenden Zeitfenster 3 (von 148.4 ms bis 191.4 ms) liegt der positive Centroid auf „einfache“ Reize signifikant weiter links (m = 2.78 \pm 0.30; t[15] = 2.18; p < 0.05) als auf „schwierige“ Reize (m = 2.96 \pm 0.20). In den weiteren Zeitfenstern ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen (siehe Tabellen A5 und A6 im Anhang für die Darstellung der gesamten Auswertung). In Abbildung 26 ist der Verlauf der GFP dargestellt.

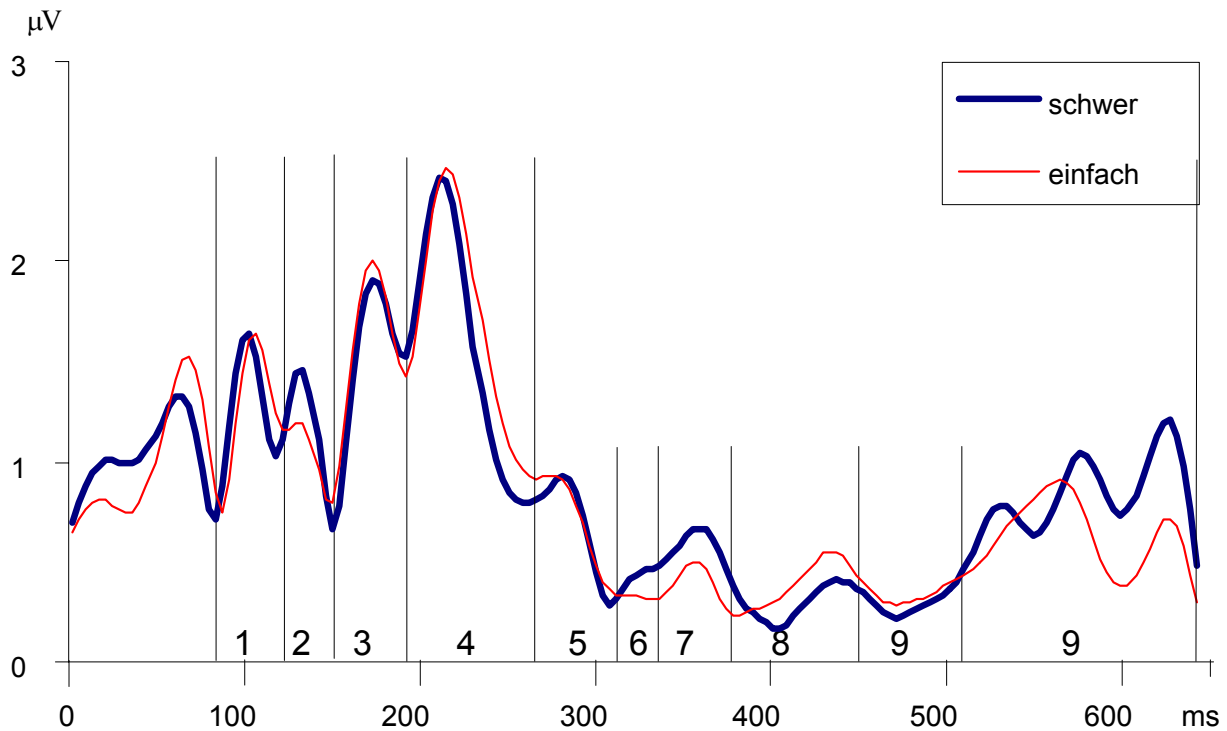


Abbildung 26. Komplexität in der GFP. Dargestellt ist der Verlauf der GFP auf „einfach“ und „schwierig“ zu kategorisierende Reize. Die vertikalen Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

3.2.5. Diskussion und Zusammenfassung der 2. Untersuchung

Ziel dieser zweiten Untersuchung war es, zum einen die Ergebnisse aus den Paradigmen „Gesichterpeak“ und „Emotionaler Gesichtsausdruck“ zu replizieren, zum anderen mit dem modifizierten Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ und den neu erhobenen Paradigmen „Emotionale Bilder“ und „Komplexe Bilder“ die Ergebnisse des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“ zu validieren.

In dieser Untersuchung konnte auch mit der deutlich verringerten Anzahl von präsentierten Stimuli sowohl über den Einzelelektroden T5, T6 und Cz als auch in der GFP eine erhöhte Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollreizen nachgewiesen werden. Die aus der Literatur abgeleiteten Hypothesen und in der ersten Untersuchung bestätigten Annahmen über die zugrunde liegenden kortikalen Quellen für die Verarbeitung von Gesichtern konnten allerdings in dieser Untersuchung nicht bekräftigt werden. Die in der Quellenanalyse berechneten statistischen Unterschiede der kortikalen Aktivierung bei der Verarbeitung von Gesichtern und Gebäuden befinden sich in dieser Auswertung an anderen Stellen als

in der ersten Untersuchung. In dieser Untersuchung ergeben sich drei größere Bereiche mit einer erhöhten kortikalen Aktivierung auf Gesichter, mit den lokalen Maxima im linken inferioren Parietallappen, im linken Gyrus Parahippocampalis und im linken Gyrus Cingulum, sowie im rechten inferioren und mittleren Gyrus Temporalis. Die von LORETA beschränkte Angabe der lokalen Maxima, statt aller signifikant unterschiedlichen Areale, verhindert, dass die auch in dieser Auswertung signifikant höhere Aktivierung im linken und rechten Gyrus Fusiformis auf Gesichter im Vergleich zu Gebäuden erwähnt wird. Unter Berücksichtigung einer gewissen Ungenauigkeit in der Quellenlokalisierung von LORETA könnten somit die beschriebenen Areale im linken Gyrus Parahippocampalis und im rechten inferioren und mittleren Gyrus Temporalis als die zu erwartende Aktivierung im Gyrus Fusiformis interpretiert werden. Die Aktivierung im linken inferioren Parietallappen war nicht zu erwarten und ist möglicherweise, ähnlich wie die in der ersten Untersuchung beschriebene Aktivierung im rechten mittleren Gyrus Frontalis, nur in dieser Stichprobe zu beobachten und nicht replizierbar.

Entgegen den Befunden der ersten Untersuchung zeigt sich in der zweiten Untersuchung keine erhöhte GFP im ersten Segment auf Gesichter im Vergleich zu Gebäuden. Die in der ersten Untersuchung diskutierte Möglichkeit, einen Indiz für eine frühere Verarbeitung von Gesichtern, ähnlich wie von Liu et al. (2002) mit der Methode des MEG beschrieben, in der GFP-Amplitude der EKPs gefunden zu haben, scheint unwahrscheinlich. Allerdings zeigt sich, wie in der ersten Untersuchung, dass der positive Centroid im ersten Segment auf Gesichter signifikant weiter posterior lokalisiert ist als auf Gebäude. Damit verdichtet sich die Annahme, dass zeitlich schon vor dem Gesichterpeak Unterschiede in der Verarbeitung von Gesichtern und Gebäudebildern existieren. In einer weiteren Untersuchung könnte geklärt werden, welche der beiden Variablen, die Stärke der GFP oder die Lokalisation des positiven Centroids, ein stabileres Maß für diese frühen Verarbeitungsprozesse darstellt. In der zweiten Untersuchung wurde im dritten Segment eine auf Gebäude signifikant stärkere GFP als auf Gesichter beschrieben. Die Bedeutung dieser stärkeren GFP auf Gebäudebilder ist noch unklar, aber möglicherweise spiegelt sich hierin eine verstärkte bewusste Verarbeitung der Gebäudebilder wider. Es muss erwähnt werden, dass dieser Effekt in der ersten Untersuchung nicht nachweisbar war, und somit ein zufälliges Ergebnis darstellen könnte. Andererseits könnte die unterschiedliche zeitliche Segmentierung

des dritten Segments der beiden Untersuchungen dafür verantwortlich sein, dass der Effekt nur in der zweiten Untersuchung zu finden war.

Vergleicht man die Segmentierung in der ersten und der zweiten Untersuchung fällt auf, dass die Segmentgrenzen der ersten beiden Abschnitte nahezu zur selben Zeit bestimmt wurden (erste Untersuchung: Segment 1: von 89.8 ms bis 125.0 ms; Segment 2: von 125.0 ms bis 183.6 ms; zweite Untersuchung: Segment 1: von 82.0 ms bis 121.1 ms; Segment 2: von 121.1 ms bis 183.6 ms). Das Ende des dritten Segments wurde in der zweiten Untersuchung jedoch deutlich früher als in der ersten Untersuchung festgelegt (erste Untersuchung: Segment 3: 183.6 bis 355.5 ms; zweite Untersuchung: Segment 3: von 183.6 ms bis 273.4 ms). Auch die folgenden Segmentgrenzen unterscheiden sich deutlich zwischen beiden Auswertungen (erste Untersuchung: 355.5 ms, 410.2 ms, 453.1 ms; zweite Untersuchung 273.4 ms, 304.7 ms, 398.4 ms, 449.2 ms). Ein direkter Vergleich der einzelnen Segmente bezüglich der Bedingungseffekte ist somit nicht mehr möglich. Da die Segmentgrenzen aufgrund der Daten mit einer in beiden Untersuchungen einheitlichen Methode berechnet wurden, muss man davon ausgehen, dass sich ab dem dritten Segment die Verarbeitung von Gesichtern je nach untersuchter Stichprobe unterscheidet. Somit ist es unwahrscheinlich, eine allgemeine Aussage über die Verarbeitung von Gesichtern ab diesem Zeitpunkt mit Hilfe von EKPs treffen zu können.

Aufgrund der Ergebnisse der ersten Untersuchung wurde für die Analyse der EKPs bei der Unterscheidung freudiger, trauriger und neutraler Gesichtsausdrücke die Hypothese formuliert, dass sowohl „Freude“ als auch „Trauer“ eine höhere Amplitude über Cz im Segment P4 bewirken als „neutrale“ Gesichtsausdrücke. Obgleich sich auch in dieser Untersuchung Unterschiede über Cz im Zeitbereich P4 ergaben, konnte das Ergebnis der ersten Untersuchung nicht repliziert werden. Die Unterschiede in der Varianzanalyse dieser Auswertung sind auf höhere Amplituden auf „Freude“ im Vergleich zu „Trauer“ zurückzuführen. Aufgrund dieser widersprüchlichen Ergebnisse kann über die Bedeutung dieser Amplitudenerhöhung keine abschließende Bewertung gegeben werden. Auch die Interpretation aus der ersten Untersuchung, dass die Erhöhung der Amplituden auf emotionale im Vergleich zu neutralen Gesichtsausdrücken durch die emotionale Tönung der Bilder bedingt ist, scheint nicht mehr gerechtfertigt. Möglicherweise spiegelt die

Veränderung in der Amplitude die kognitive Verarbeitungsstrategie der Probandengruppe wider, die allerdings nicht erfasst wurde.

In der topographischen Auswertung konnten die Effekte einer unterschiedlichen Lokalisation der positiven Centroiden in der links-rechts Achse im dritten Zeitbereich direkt repliziert werden. Der positive Centroid auf „Trauer“ liegt auch in dieser Untersuchung signifikant weiter links hemisphärisch als auf „Neutral“ und tendenziell weiter links hemisphärisch als auf „Freude“. Da in der zweiten Untersuchung insgesamt sechs Vorhersagen bezüglich des Unterschieds zwischen den Bedingungen aus der ersten Untersuchung überprüft wurden und keine α -Adjustierung vorgenommen wurde, kann es sich bei dieser Replikation immer noch um ein zufälliges Ergebnis handeln. Des Weiteren wurden neben diesem einen replizierten Effekt keine weiteren von den in der ersten Untersuchung festgestellten Unterschieden zwischen den Bedingungen in dieser Untersuchung repliziert. Auf der anderen Seite finden sich in dieser Auswertung Unterschiede, die zuvor nicht beschrieben wurden. Aufgrund dieser uneinheitlichen Ergebnisse erscheint eine Interpretation zu weitgegriffen und eine Replikation der Ergebnisse dringend erforderlich.

Wie in der ersten Untersuchung wurden keine signifikanten Amplitudendifferenzen über den Einzelelektrodenlokalisationen Fz, Cz und Pz zwischen den EKPs der emotionalen Gesichtsausdrücke „Furcht“, „Ärger“ und „Ekel“ gefunden. In der topographischen Auswertung zeigte sich in dieser Untersuchung nur ein signifikanter Unterschied in der Lokalisation des negativen Centroids im 6. Zeitsegment. Dieser Effekt wurde jedoch nicht erwartet und auch in der ersten Untersuchung nicht beschrieben. Im dritten Zeitsegment zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Lokalisation des positiven Centroids in der links-rechts Richtung. Somit scheint die im zweiten Paradigma beschriebene Verschiebung des positiven Centroids im dritten Zeitfenster nicht auf die Emotionsdekodierung allgemein zurückzuführen zu sein. Des Weiteren ergibt sich aus dieser Untersuchung kein Hinweis, dass statt „Trauer“ eine andere Kategorie im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ hätte verwendet werden sollen.

In der topographischen Auswertung des Paradigmas „Emotionale Bilder“ zeigte sich ein Hinweis auf eine unterschiedliche Lokalisation der positiven Feldschwerpunkte im

dritten Zeitsegment. Der Feldschwerpunkt auf negative Bilder lag signifikant weiter links hemisphärisch als auf neutrale und tendenziell weiter links hemisphärisch als auf positive Bilder. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der ersten und zweiten Untersuchung beschriebene Verschiebung des positiven Centroids auf traurige Gesichter nach links im Vergleich zu freudigen und neutralen Gesichtern nicht auf die Emotionsdekodierung beschränkt ist. Vielmehr scheint sich in dieser Verschiebung des positiven Centroids nach links eine allgemeine Verarbeitung emotionaler Reize, im Besonderen negativer Reize, widerzuspiegeln. Die Tatsache, dass in diesem Paradigma das dritte Segment deutlich kürzer (von 164.1 ms bis 246.1 ms) als im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der ersten (von 187.6 ms bis 355.5 ms) und der zweiten Untersuchung (von 187.5 ms bis 375.0 ms) ist, scheint vernachlässigbar, da sowohl in der ersten als auch in der zweiten Untersuchung die mittlere Latenz des GFP-Peaks, an dem die Topographie bestimmt wurde, um 230 ms lag, und somit auch im dritten Segment des Paradigmas „Emotionale Bilder“. Der von Skrandies (1998) beschriebene Effekt unterschiedlicher Lokalisationen des positiven Centroids im ersten Zeitfenster kann wie auch im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ nicht repliziert werden. Eventuell handelt es sich bei dem von Skrandies (1998) beschriebenen Effekt um ein zufälliges Ergebnis, oder dieser frühe Effekt ist nur bei der Verarbeitung von Worten feststellbar.

Der Vergleich der Amplituden über den Einzelelektrodenpositionen Fz, Cz und Pz hat keine signifikanten Unterschiede zwischen den positiven, negativen und neutralen Bildern ergeben. Dies ist ein indirekter Beleg, dass die späten positiven Komponenten des EKPs nur durch ein unterschiedliches Arousal der emotionalen im Vergleich zu den neutralen Stimuli moduliert werden.

Die EKPs im Paradigma „Komplexe Bilder“ unterscheiden sich deutlich von den EKPs auf Gesichter und emotionale Bilder. Dies wird besonders bei der Betrachtung der Segmentierung für die topographische Auswertung deutlich. Hierdurch wird ein Vergleich der Paradigmen schwierig, und auch die Hypothesenüberprüfung ist zu überdenken. In dieser Studie sollte überprüft werden, ob sich die Lokalisation des positiven Centroids um 240 ms in der einfachen und schwierigen Bedingung unterscheidet. Sowohl bei den Gesichtsreizen als auch den emotionalen Bildern lag dieser Zeitpunkt im dritten Segment, in diesem Paradigma allerdings im vierten

Segment (von 191.4 ms bis 269.5 ms). Im vierten Segment konnten keine signifikanten Unterschiede in der Topographie zwischen den beiden Reizkategorien gefunden werden. Aufgrund dieser Befunde kann man, unter Berücksichtigung der oben erwähnten Probleme des Vergleichs der Paradigmen, davon ausgehen, dass die Verschiebung des hirnelektrischen Feldes nach links auf traurige Gesichter nicht mit der Schwierigkeit der Aufgabe zusammenhängt.

In der Auswertung der Amplituden über den drei zentralen Einzelelektroden Fz, Cz und Pz zeigten sich nur geringe Unterschiede zwischen „einfach“ und „schwierig“ zu bearbeitenden Reizen. Die leicht erhöhten Amplituden auf „schwierige“ Reize im Vergleich zu „leichten“ Reizen über Pz im Zeitraum von 289.1 ms bis 449.2 ms könnte durch Aufmerksamkeitsprozesse bedingt sein, da sowohl der Zeitpunkt als auch die Verteilung der hirnelektrischen Aktivität der P300 im Aufmerksamkeitsparadigma entsprechen (Herrmann & Fallgatter, eingereicht). Diese Interpretation erscheint auch sinnvoll, da für die Bearbeitung der „schwierigen“ Reize mehr Ressourcen zur Verfügung zu stellen sind. Die Amplitudenerhöhung auf „leichte“ Reize über Cz von 449.2 ms bis 621.1 ms ist zur Zeit nicht zu interpretieren.

3.3. Untersuchung 3: Auswahl geeigneter Paradigmen und deren Anwendung bei Patienten aus dem schizophrenen Formenkreis

3.3.1. Einleitung

In dieser dritten Untersuchung sollen nun die in der zweiten Untersuchung durchgeführten Paradigmen sowohl bei einer weiteren gesunden Stichprobe als auch bei Patienten mit Erkrankungen aus dem schizophrenen Formenkreis erhoben werden. Zunächst werden die in den beiden ersten Untersuchungen gefundenen Effekte bei der gesamten gesunden Stichprobe (36 Versuchspersonen) überprüft, und anschließend die Effekte bedeutsamer elektrophysiologischer Paradigmen zwischen schizophrenen Patienten nach ICD-10 und einer dem Geschlecht, dem Alter und dem Bildungsstatus angepassten Auswahl an gesunden Probanden verglichen (22 schizophrene Patienten und 22 angepasste gesunde Kontrollpersonen). Im Weiteren erfolgt die Darstellung der Ergebnisse bei Patienten, die nach der Klassifikation nach Leonhard (1991) diagnostiziert wurden. Hierzu werden neben den bereits ausgewerteten 22 schizophrenen Patienten noch zusätzlich 26 Personen mit in die Stichprobe aufgenommen.

3.3.2. Auswahl der Paradigmen: Replikation der Vorbefunde an der dritten gesunden Stichprobe

In den beiden ersten Untersuchungen konnte der in der Literatur beschriebene Gesichterpeak als eine negative Komponente über den Elektrodenpositionen T5 und T6 (N170) und als eine positive Amplitude über Cz ca. 165 ms nach Stimulus Präsentation repliziert werden. Auch in der GFP zeigte sich zu diesem Zeitpunkt in beiden Untersuchungen eine signifikant stärkere Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollreizen. Diese stärkere Aktivierung auf Gesichter lies sich mit der Quellenlokalisationsmethode LORETA auf eine Aktivierung im linken Gyrus Fusiformis, im Gyrus Cingulum und im rechten Gyrus Frontalis in der ersten Untersuchung zurückführen. In der zweiten Untersuchung allerdings wurden eine stärkere Aktivierung im linken inferioren Parietallappen, im linken Gyrus parahippocampalis mit dem linken Cingulum und im rechten inferioren und mittleren Gyrus Temporalis als die Regionen mit dem stärksten statistischen Unterschied angegeben. Neben diesen Unterschieden in den berechneten Quellen zeigten sich weitere Variationen in den Ergebnissen beider Untersuchungen. In der ersten Studie lösten Gesichter im ersten Segment eine erhöhte GFP aus, während in der zweiten Studie im dritten Segment eine verringerte GFP auf Gesichter gefunden wurde.

Sowohl die Unterschiede in der Quellenlokalisierung als auch der Effekte in den Zeitfenstern vor und nach dem Gesichterpeak sollen in dieser Auswertung geklärt werden.

Bei der Dekodierung der emotionalen Gesichtsausdrücke im Paradigma „Emotionale Gesichtsausdrücke“ unterschieden sich in den beiden ersten Untersuchungen die Amplituden der EKPs über der Cz Elektrode auf neutrale, freudige und traurige Gesichtsausdrücke für die P4 Komponente zwischen 300 ms und 400 ms. In den post-hoc Tests zeigten sich allerdings Unterschiede bezüglich der Effekte der einzelnen Stimuluskategorien. In der ersten Untersuchung waren die Amplituden auf „Freude“ und „Trauer“ höher als auf neutrale Gesichter, in der zweiten Untersuchung waren die Amplituden auf „Freude“ höher als die Amplituden auf traurige und neutrale Gesichter. In der topographischen Auswertung konnte in beiden Untersuchungen gleichermaßen im Zeitsegment 3 eine Verschiebung des positiven Centroids auf „Trauer“ nach links im Vergleich zu „Freude“ und neutralen Gesichtern beschrieben werden. Keine der anderen signifikanten Unterschiede in der topographischen Auswertung traten in beiden Untersuchungen gleichermaßen auf. Hauptziel dieser Auswertung ist die Verschiebung des positiven Centroids nach links auf „Trauer“ zu replizieren.

In der zweiten Untersuchung lag der positive Centroid im dritten Zeitsegment bei negativen Bildern weiter linkshemisphärisch als bei neutralen und tendenziell auch bei positiven Bildern. Ansonsten ergaben sich weder in den weiteren topographischen Parametern noch in den Amplituden der Einzelelektrodenauswertung bedeutsame Unterschiede zwischen den Reizkategorien. Ziel dieser Auswertung war es, diesen Effekt der Linksverschiebung des positiven Centroids zu replizieren.

Neben der Replikation der beschriebenen Effekte aus den ersten beiden Untersuchungen sollte in dieser Auswertung noch eine weitere Fragestellung bearbeitet werden. Welche Effekte lassen sich für den Prozess der Emotionsdekodierung im EKP beschreiben. In einer ersten Arbeit konnten Streit et al. (2000) zeigen, dass sich die EKPs während der Aufgaben der „Emotionserkennung“ und der Erkennung verschwommener Gesichter frontal um 240 ms unterscheiden. Die Emotionserkennung führte zu einer stärkeren Negativierung als die Kontrollaufgabe. Für die Fragestellung dieser Arbeit bedeutsam ist eine

nachfolgende Arbeit, in der die Autoren zeigen konnten, dass schizophrene Patienten die frontale Negativierung weniger ausgeprägt aufwiesen. Allerdings wurde dieses Ergebnis noch nicht repliziert. Problematisch ist auch die Tatsache, dass neben der Aufgabe auch das Stimulusmaterial zwischen den Bedingungen deutlich unterschiedlich war.

Da in der zweiten Untersuchung dieser Arbeit keine deutlichen Effekte bezüglich der Unterscheidung unterschiedlicher negativer Emotionsausdrücke zu finden waren, wurde in der dritten Untersuchung das Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ modifiziert. Vor dem Erkennen der emotionalen Gesichtsausdrücke wurden Gesichter mit neutralem Gesichtsausdruck präsentiert, die nicht weiter verarbeitet, aber dennoch betrachtet werden sollten. Die emotionalen Gesichtsausdrücke sollten den entsprechenden Kategorien zugeordnet werden. Durch dieses Vorgehen sollte es möglich sein, die Effekte der Aufgabe „Emotionserkennung“ von Streit et al. (2000) zu replizieren, mit dem Vorteil vergleichbarer Stimuluseigenschaften zwischen den Bedingungen. Ein Nachteil dieses Vorgehens ist jedoch, dass die „Emotionserkennung“ eine aktive Bedingung darstellt, das Betrachten der neutralen Gesichtsausdrücke jedoch eine passive Aufgabe ist. Mögliche Unterschiede zwischen den Bedingungen können von daher nicht spezifisch auf die Emotionsdekodierung an sich zurückgeführt werden. Bei einer Replikation der Ergebnisse von Streit et al. (2000) mit einer stärkeren frontalen Negativierung bei der Emotionserkennung wären die Ergebnisse aber durchaus sinnvoll zu interpretieren.

3.3.2.1. Hypothesen und Fragestellungen

Messung „Gesichterpeak“

- Hypothesen

1. Die Verarbeitung von Gesichtern bewirkt eine stärkere negative Komponente sowohl über den Einzelelektrodenpositionen T5 und T6 als auch in der GFP um 160 ms nach Stimuluspräsentation im Vergleich zu den Kontrollreizen.
2. Der positive Centroid ist im ersten Zeitsegment auf Gesichter weiter posterior lokalisiert als auf die Kontrollreize.

- weitere Fragestellungen

- Zeigen sich Latenzunterschiede bezüglich des Gesichterpeaks?
- Ergeben sich Seitendifferenzen bezüglich des Gesichterpeaks?
- Lässt sich der Gesichterpeak auch im individuellen Fall nachweisen?

- Unterscheidet sich die GFP auf Gesichter und Kontrollreize im ersten und dritten Segment?
- Welche Hirnareale zeigen eine stärkere Aktivierung bei der Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich zu den Kontrollreizen zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks?
- Welche Hirnareale zeigen eine unterschiedliche Aktivierung auf Gesichter und die Kontrollreize vor und nach dem Gesichterpeak?

Messung „Emotionale Gesichtsausdrücke“

- Hypothese

- Der positive Centroid auf traurige Gesichter ist weiter linkshemisphärisch lokalisiert als auf freudige und auf neutrale Gesichter.

- weitere Fragestellungen

1. Welche Unterschiede ergeben sich zwischen den EKPs auf traurige, freudige und neutrale Gesichter sowohl in der Auswertung der zentralen Einzelelektroden als auch der topographischen Parametern?
2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den EKP-Parametern und der subjektiven Arousal- und Valenzeinschätzung?

Messung „Emotionale Bilder“

- Hypothese

- Der positive Centroid im dritten Segment ist auf negative Bilder weiter linkshemisphärisch lokalisiert als auf positive und neutrale Bilder.

- weitere Fragestellungen

1. Welche Unterschiede ergeben sich zwischen den EKPs auf positive, negative und neutrale Bilder sowohl in der Auswertung der zentralen Einzelelektroden als auch der topographischen Parameter?
2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den EKP-Parametern, die zwischen den verschiedenen Bildkategorien differenzieren, und der subjektiven Arousal- und Valenzeinschätzung?

Messung „Negative Gesichtsausdrücke“

- Hypothese

- Bei der Aufgabe „Emotionserkennung“ sind die Amplituden über der frontalen Elektrodenposition Fz im Segment um 240 ms negativer als in der Kontrollaufgabe.

- weitere Fragestellung

- Welche Unterschiede ergeben sich zwischen den EKPs der „Emotionserkennungsaufgabe“ und der Kontrollaufgabe sowohl in der Auswertung der zentralen Einzelelektroden als auch der topographischen Parameter?

3.3.2.2. Methode

3.3.2.2.1. Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 39 gesunde Personen an der EEG-Untersuchung teil. Drei Personen mussten wegen EEG-Artefakten aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden, so dass die Daten von 36 gesunden Personen (19 Männer und 17 Frauen) dargestellt werden. Das durchschnittliche Alter der gesunden Versuchsteilnehmer betrug 31.4 ± 11.6 Jahre (von 18 bis 57 Jahre), die Schulbildung 10.0 ± 1.3 Jahre (von 8 bis 13 Jahre). Alle Versuchspersonen waren rechtshändig.

3.3.2.2.2. Neurophysiologische Messungen

In der dritten Untersuchung wurden wie in der zweiten Untersuchung die Paradigmen „Gesichterpeak“, „Emotionaler Gesichtsausdruck“, „Emotionale Bilder“, „Negative Gesichtsausdrücke“ und „Komplexe Bilder“ durchgeführt. Das Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ wurde im Vergleich zur zweiten Untersuchung leicht modifiziert. Vor der Darbietung der emotionalen Gesichtsausdrücke „Ärger“, „Ekel“ und „Furcht“ wurden von jedem Darsteller der emotionalen Gesichtsausdrücke die Bilder der neutralen Gesichtsausdrücke 8 mal wiederholt präsentiert (insgesamt 32 neutrale Gesichter). Wie in der vorhergehenden Untersuchung wurde zunächst das Paradigma „Gesichterpeak“, anschließend in randomisierter Abfolge die weiteren vier Paradigmen durchgeführt. Auf eine Auswertung des Paradigmas „Komplexe Reize“ wird verzichtet, da sich aus der zweiten Studie keine für diese Untersuchung bedeutsamen Effekte ergeben haben.

Nach der EEG-Ableitung wurden die in der EEG-Ableitung verwendeten Gesichter und emotionale Bilder nach den Dimensionen Valenz und Arousal mit Hilfe von

jeweils einer 5-stufigen SAM-Skala von den Versuchsteilnehmern eingestuft. Die Valenz-Skala wurde von 1 (positiv) bis 5 (negativ), die Arousal-Skala von 1 (sehr aufregend) bis 5 (sehr ruhig) kodiert.

3.3.2.2.3. EEG-Datenverarbeitung und Leistung

Im Gegensatz zu den ersten beiden Untersuchungen wurden die EEG-Daten dieser Untersuchung mit der kommerziellen Software Vision Analyser 1.04 (Brain Products) analog den ersten beiden Untersuchungen vorverarbeitet. Die Segmentierung der Epochen erfolgte über den Zeitraum von -100 ms vor bis zu 650 ms nach Beginn der Stimuluspräsentation. Das Artefaktkriterium wurde auf $\pm 50 \mu\text{V}$ für die absoluten Amplituden und das Gradienten-Kriterium (maximaler Anstieg zwischen zwei Messzeitpunkten) konservativer als in den ersten beiden Untersuchungen angesetzt ($\pm 98 \mu\text{V}$). Die Quellenlokalisierung erfolgte mit einer neuen Version der LORETA-Software, die jedoch noch auf dem selben Logarithmus zur Schätzung der aktiven Quellen beruht, wie die in den ersten beiden Untersuchungen verwendete LORETA-Software.

Bis auf eine Person mit einem Fehler in der Benennung des letzten gezeigten Bildes führten 35 Personen die Aufgabe im Paradigma „Gesichterpeak“ perfekt, d.h. ohne einen Fehler, durch. Auch die Unterscheidung von Gesichtern mit dem emotionalen Ausdruck „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“ ist den Probanden gut gelungen. Von 12 möglichen Fehlern wurden im Durchschnitt nur 0.7 ± 1.1 Fehler (Minimum 0, Maximum 3) begangen. In der anschließenden Bewertung der Gesichter zeigten sich deutliche Unterschiede sowohl im Valenz ($F[1.5,49.4] = 104.2$; $p < 0.0001$) als auch im Arousal-Rating ($F[1.8,60.1] = 10.2$; $p < 0.0001$) zwischen den Stimuluskategorien (Tabelle 26). Freudige Gesichter werden positiver als neutrale ($t[34] = -7.7$; $p < 0.0001$) und traurige Gesichtsausdrücke ($t[34] = -11.7$; $p < 0.0001$), neutrale Gesichter positiver als traurige Gesichtsausdrücke ($t[34] = -9.7$; $p < 0.0001$) bewertet. Im Arousal-Rating wurden sowohl freudige ($t[34] = -3.9$; $p < 0.0001$) als auch traurige Gesichter ($t[34] = -4.4$; $p < 0.0001$) aufregender eingeschätzt als neutrale Gesichter. Freudige und traurige Gesichter unterschieden sich nicht bezüglich des eingeschätzten Arousals ($t[34] = -0.58$; $p = 0.57$).

Tabelle 26. Ratings des Stimulusmaterials des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“

	Freude	Trauer	Neutral	F	p
Valenz	1.86 ± 0.68	3.79 ± 0.50	2.92 ± 0.31	104.2	0.0001
Arousal	3.57 ± 1.04	3.67 ± 0.79	4.20 ± 0.76	10.2	0.0001

Anmerkung: Valenz-Rating: 1 (positiv) bis 5 (negativ); Arousal-Rating: 1 (aufregend) bis 5 (ruhig); Valenz: df = 1.5, 49.4; Arousal: df = 1.8, 60.1; F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Irrtumswahrscheinlichkeit p

In der Bewertung der emotionalen Bilder ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den Stimuluskategorien sowohl in der Valenz ($F[2,68] = 239.0$; $p < 0.0001$) als auch in der Arousal Einschätzung ($F[2,68] = 8.4$; $p < 0.001$; Tabelle 27). Positive Bilder werden positiver als neutrale ($t[34] = -9.58$; $p < 0.0001$) und als negative Bilder ($t[34] = -19.9$; $p < 0.0001$), neutrale Bilder positiver als negative Bilder ($t[34] = -13.0$; $p < 0.0001$) bewertet. Sowohl positive ($t[34] = -2.66$; $p < 0.05$) als auch negative ($t[34] = -4.12$; $p < 0.001$) Bilder werden als stärker erregend als die neutralen Bilder bewertet. Tendenziell werden auch die negativen Bilder erregender als die positiven Bilder eingestuft ($t[34] = -1.8$; $p < 0.1$).

Tabelle 27. Ratings des Stimulusmaterials des Paradigmas „Emotionale Bilder“

	positiv	negativ	neutral	F	p
Valenz	1.69 ± 0.47	4.38 ± 0.53	2.74 ± 0.47	239.0	0.0001
Arousal	3.18 ± 0.95	2.81 ± 1.13	3.53 ± 0.70	8.4	0.001

Anmerkung: Valenz-Rating: 1 (positiv) bis 5 (negativ); Arousal-Rating: 1 (aufregend) bis 5 (ruhig); df Valenz = 2, 68; df Arousal = 1.6, 54.2; F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Irrtumswahrscheinlichkeit p

Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ wurde von den Probanden im Durchschnitt nur 0.14 ± 0.69 mal (maximal vier mal möglich) für die neutralen Gesichtsausdrücke ein emotionaler Gesichtsausdruck genannt. In der Zuordnung der emotionalen Gesichtsausdrücke wurden durchschnittlich 3.08 ± 1.95 Fehler (von 12 möglichen) begangen.

Zur Bestimmung des Gesichterpeaks wurde das lokale Minimum innerhalb des Zeitfenster 113 ms bis 230 ms nach Reizpräsentation über den Elektrodenpositionen T5 und T6 bestimmt. Für die topographische Analyse haben sich folgende

Segmentgrenzen ergeben: 83.6 ms, 138.3 ms, 189.1 ms und 259.4 ms. Auf eine weitere Segmentierung nach 260 ms wurde verzichtet, da in den beiden ersten Untersuchungen zum einen uneinheitliche Segmentgrenzen, zum anderen keine bedeutsamen Effekte für die Verarbeitung von Gesichtern gefunden wurden.

Zur Auswertung der EKPs im Paradigma „Emotionale Gesichtsausdrücke“ über den zentralen Einzelelektroden wurden die Segmentgrenzen über Fz und Cz bei 223 ms, 289 ms, 410 ms und 650 ms, über Pz bei 219 ms, 402 ms, 500 ms und 650 ms gesetzt. Die topographische Segmentierung ergab die Segmentgrenzen bei 83.6 ms, 138.3 ms, 189.1 ms, 353.1 ms, 388.3 ms, 501.6 ms, 536.7 ms und 579.7 ms.

Im Paradigma „Emotionale Bilder“ wurden die Segmentgrenzen über Fz und Cz bei 230 ms, 301 ms, 434 ms und 650 ms, über Pz bei 246 ms, 402 ms, und 650 ms gelegt. Die topographische Segmentierung ergab die Segmentgrenzen bei 87.5 ms, 146.1 ms, 177.3 ms, 290.6 ms, 376.6 ms und 646.1 ms.

Zur Auswertung der EKPs des Paradigmas „Negative Gesichtsausdrücke“ wurden die Segmentgrenzen über Fz und Cz für die positiven Komponenten bei 227 ms, 301 ms, 426 ms und 648 ms, über Pz bei 234 ms, 422 ms und 648 ms festgelegt. Über Fz und Cz wurden die negativen Komponenten von 160 ms bis 270 ms, von 270 ms bis 371 ms und von 371 ms bis 583 ms betrachtet. Die topographische Segmentierung ergab die Segmentgrenzen bei 83.6 ms, 142.2 ms, 189.1 ms, 345.3 ms, 392.2 ms, 470.3 ms, 548.4 ms und 618.8 ms. Um einen Unterschied der EKP-Parameter zwischen den verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken beschreiben zu können, werden die EKPs der Emotionserkennungsaufgabe getrennt für die verwendeten Emotionskategorien berechnet und dargestellt.

3.3.2.3. Ergebnisse

3.3.2.3.1. Verarbeitung von Gesichtern

- Einzelelektroden

Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt Bedingung ($F[1,35] = 126.6$; $p < 0.0001$), ohne einen bedeutsamen Haupteffekt Seite ($F[1,35] = 1.85$; $p = 0.18$) oder eine Interaktion Seite x Bedingung ($F[1,35] = 0.96$; $p = 0.33$). Die Verarbeitung von Gesichtsstimuli führt zu einer signifikant stärker ausgeprägten negativen Komponente (Tabelle 28) über den temporalen Elektrodenpositionen T5 ($t[35] = -8.75$; $p < 0.0001$) und T6 ($t[35] = -8.24$; $p < 0.0001$) im Vergleich zu den

Kontrollreizen. Für die Latenzen ergaben sich keinerlei signifikante Effekte (Bedingung: $F[1,35] = 0.91$; $p = 0.35$; Seite: $F[1,35] = 0.16$; $p = 0.69$; Bedingung x Seite: $F[1,35] = 0.68$; $p = 0.42$). In Abbildung 27 ist der Verlauf der EKPs über die Elektrodenpositionen T5 und T6 dargestellt.

Tabelle 28. Amplituden (μV) und Latenzen (ms) zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks für die Bedingungen Gesichts- und Gebäudepräsentation über den Elektrodenpositionen T5 und T6

		T5	T6
Amplituden	Gesichter	-2.85 ± 2.16	-2.64 ± 2.03
	Gebäude	-1.11 ± 1.63	-0.61 ± 1.77
Latenzen	Gesichter	162.9 ± 16.4	162.0 ± 14.7
	Gebäude	158.3 ± 18.4	160.8 ± 15.4

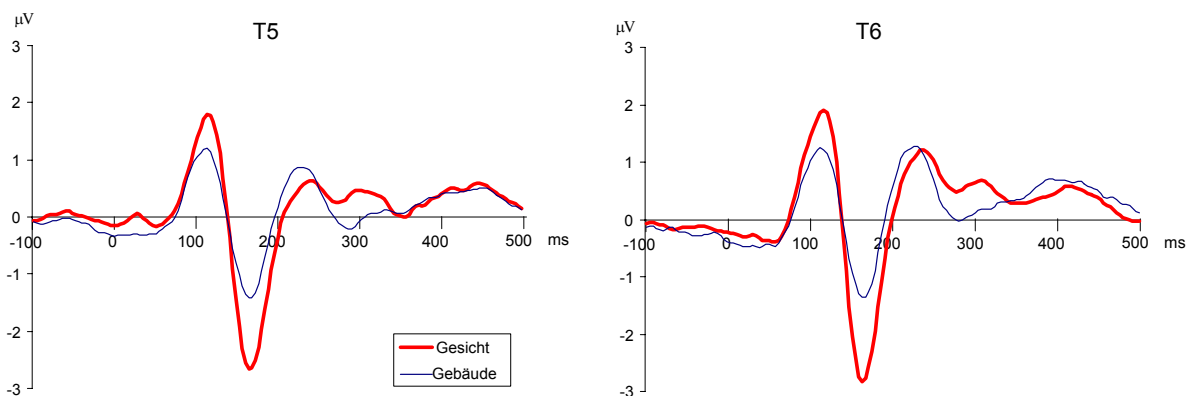


Abbildung 27. Verlauf der EKPs im Gesichterpeakparadigma über T5 und T6

Wie in Abbildung 28 zu sehen ist, zeigt sich der Gesichterpeak mit einer negativeren N170 Komponente auf Gesichter im Vergleich zu Kontrollreizen bis auf eine Ausnahme über T6 in jedem Einzelfall.

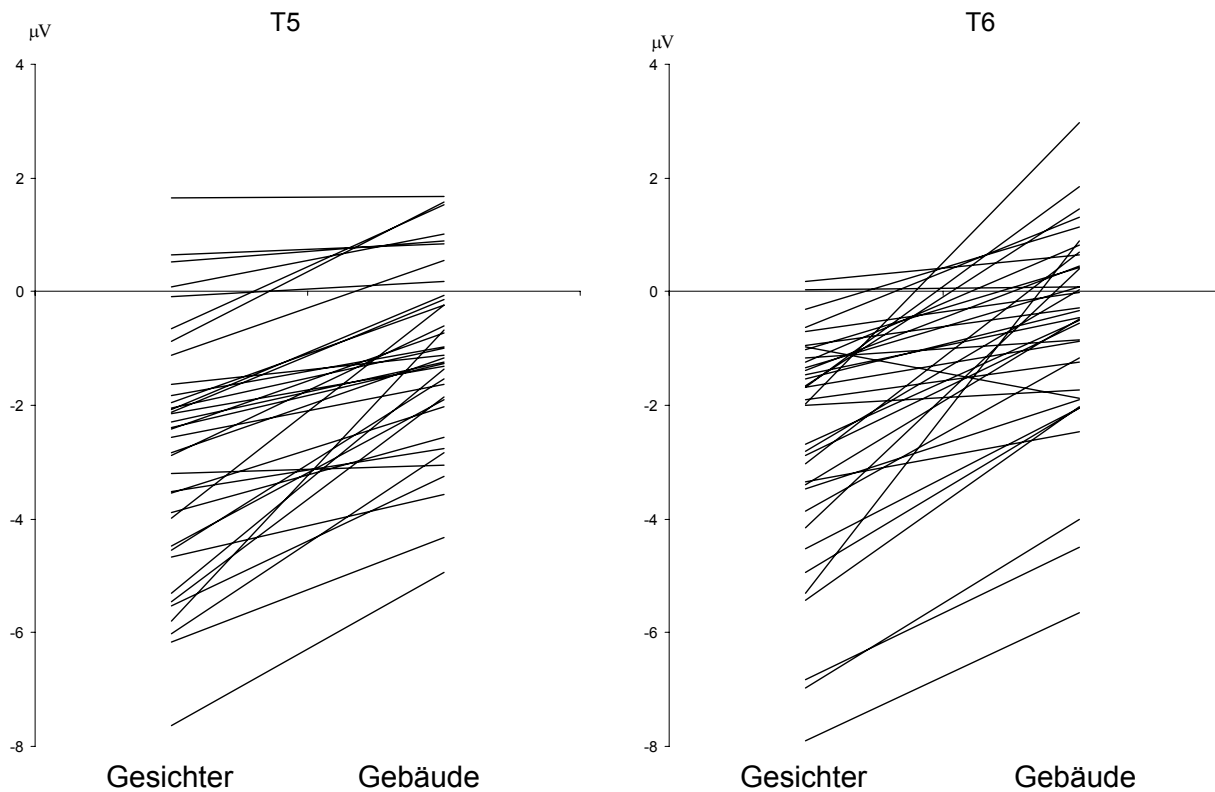


Abbildung 28. Amplituden (μV) der N170 Komponente für alle Einzelpersonen auf Gesichter und Kontrollreize über den Elektrodenpositionen T5 und T6

- topographische Auswertung

Gesichter bewirken sowohl im ersten ($t[35] = 5.98$; $p < 0.0001$) als auch im zweiten Segment ($t[35] = 6.26$; $p < 0.0001$) eine erhöhte GFP, im dritten Segment jedoch eine verringerte GFP ($t[35] = -2.95$; $p < 0.006$) im Vergleich zu den Gebäude-Bildern (siehe Tabelle 29). Der negative Centroid ist im ersten Segment auf Gesichter ($t[35] = -2.42$; $p < 0.05$), im zweiten ($t[35] = -2.10$; $p < 0.05$) und im dritten ($t[35] = -2.11$; $p < 0.05$) Segment auf Gebäude weiter anterior lokalisiert als in der entsprechenden Vergleichsbedingung. Der Verlauf der GFP ist in Abbildung 29 dargestellt.

Tabelle 29. Topographische Effekte im Paradigma „Gesichterpeak“ über drei Segmente bei Gesunden

Seg.	Variable	Gesichter	Gebäude	t[35]	p
		m ± sd	m ± sd		
1	Latenz	116.5 ± 12.3	115.7 ± 13.2	0.45	0.66
	GFP	1.97 ± 0.81	1.57 ± 0.68	5.98	0.0001
	CX+	3.04 ± 0.35	3.10 ± 0.43	-1.20	0.24
	CY+	4.15 ± 0.89	3.95 ± 0.97	1.74 [§]	0.08
	CX-	3.02 ± 0.23	3.00 ± 0.33	0.40	0.69
	CY-	2.45 ± 0.90	2.72 ± 1.06	-2.89 [§]	0.004
2	Latenz	158.4 ± 12.5	159.4 ± 15.5	-0.45	0.66
	GFP	2.12 ± 0.64	1.54 ± 0.64	6.26	0.0001
	CX+	2.99 ± 0.23	3.04 ± 0.30	-1.18	0.24
	CY+	2.63 ± 1.03	2.81 ± 1.03	-0.26 [§]	0.79
	CX-	3.03 ± 0.30	3.01 ± 0.41	0.29	0.78
	CY-	3.94 ± 0.95	3.63 ± 1.08	2.06 [§]	0.04
3	Latenz	218.5 ± 20.1	215.9 ± 17.7	0.64	0.53
	GFP	1.37 ± 0.54	1.61 ± 0.63	-2.95	0.006
	CX+	3.13 ± 0.30	3.05 ± 0.29	1.52	0.14
	CY+	4.00 ± 0.93	4.11 ± 0.88	-0.46 [§]	0.65
	CX-	2.97 ± 0.43	3.00 ± 0.33	-0.43	0.67
	CY-	2.61 ± 0.82	2.23 ± 0.84	2.54 [§]	0.011

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie die topographische Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. t = t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test mit dazugehöriger zweiseitiger Irrtumswahrscheinlichkeit p; [§] dargestellt ist der Z Wert des nicht-parametrischen Wilcoxon-Tests; df = 35; Seg. = Segment.

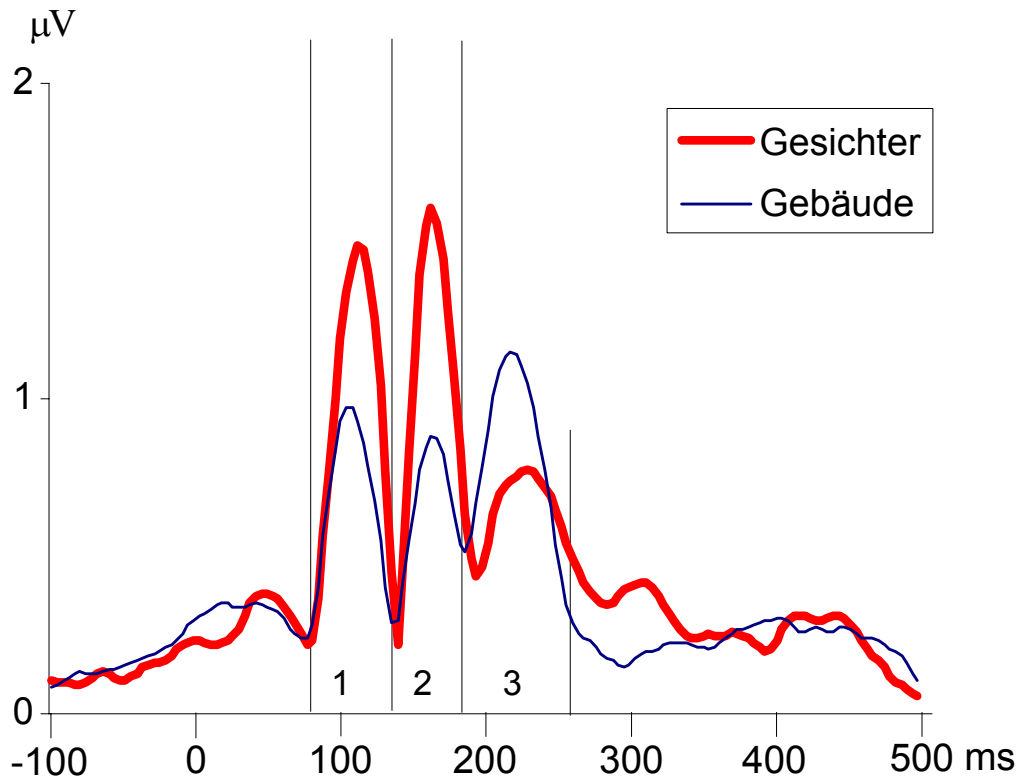


Abbildung 29. Verlauf der GFP auf Gesichter und Gebäude im „Gesichterpeak“ Paradigma der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden

- Quellenlokalisierung

Für das erste Zeitsegment konnte eine signifikant stärkere Aktivierung für Gesichter im rechten inferioren Gyrus Temporalis lokalisiert werden, eine Region, die sich unmittelbar neben dem Gyrus Fusiformis befindet. Tendenziell findet sich auch eine stärkere Aktivierung auf Gesichter im Gyrus Cingulum beidseitig (Tabelle 30).

Tabelle 30. Unterschiede zwischen Gesichtern und Gebäuden in der Quellenanalyse im ersten Zeitsegment

	Talairach Koordinaten					
	BA	X	Y	Z	Z-Wert	p
Inferiore Gyrus Temporalis	20	53	-25	-27	3.73	0.0396
Gyrus Cingulum	23	4	-25	29	3.58	p < 0.10
Gyrus Cingulum	23	-3	-25	29	3.58	p < 0.10

Anmerkung: Lokalisationen bedeutsamer Unterschiede im statistischen Vergleich der LORETA Quellen zwischen Gesichts- und Gebäude-EKPs. BA = Brodman Area; X, Y, Z = Talairach Koordinaten in der X, Y, Z Richtung, Z-Wert = Z-Wert des statistischen Vergleichs für die entsprechende Lokalisation. Schwelle p = 0.01: Z = 3.5904; p = 0.10: Z = 3.28

In Abbildung 30 ist die Lokalisation des maximalen Unterschieds zwischen der Aktivierung auf Gesichter und Gebäude im ersten Segment dargestellt. In der rechten Abbildung ist neben der Aktivierung im rechten inferioren Gyrus Temporalis die Aktivierung im Gyrus Cingulum zu sehen.

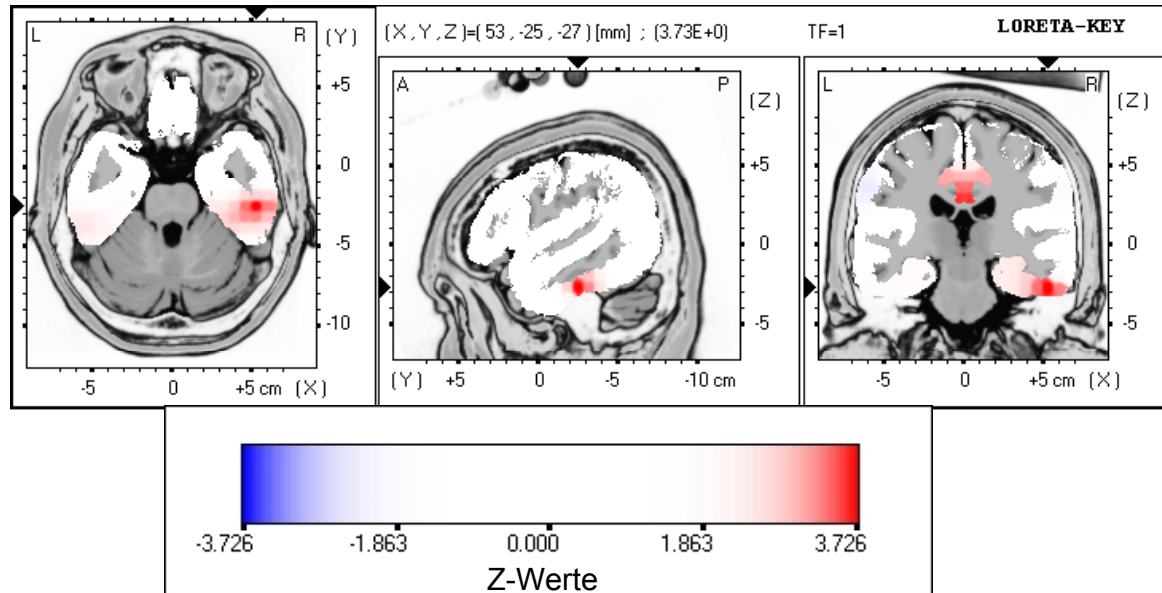


Abbildung 30. Graphische Darstellung der Z-Statistiken für die stärkere Aktivierung auf Gesichter- EKPs im ersten Segment in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die rote Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.

Der Vergleich der Aktivierung auf Gesichter und Gebäude zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks (Segment 2) zeigt die deutlichsten Unterschiede im Gyrus Fusiformis beidseitig, mit einer stärkeren Aktivierung auf Gesichter (Tabelle 31). Des Weiteren zeigen sich stärkere Aktivierungen bei der Verarbeitung von Gesichtern im superioren und mittleren Gyrus Temporalis, im Cingulum, im mittleren Gyrus Frontalis, im Orbito- und Rectal-Gyrus, sowie in der Insula, dem Gyrus Präcentralis und dem inferioren Parietallappen.

Tabelle 31. Unterschiede zwischen Gesichtern und Gebäuden in der Quellenanalyse im zweiten Zeitsegment

	Talairach Koordinaten				
	BA	X	Y	Z	Z-Wert
Gyrus Fusiformis	20	-52	-32	-27	8.33
Gyrus Fusiformis	20	-52	-39	-27	8.33
Gyrus Fusiformis	20	53	-32	-27	7.21
Superiorer Gyrus Temporalis	41	46	-39	8	5.51
Mittlerer Gyrus Temporalis	22	46	-39	1	5.51
Gyrus Cingulum	23	4	-25	29	5.11
Gyrus Cingulum	23	-3	-25	29	5.11
Superiorer Gyrus Temporalis	39	-52	-53	8	5.05
Insula	13	-31	-18	1	4.92
Mittlerer Gyrus Temporalis	21	53	-18	-6	4.79
Inferiore Parietallappen	40	46	-60	50	4.72
Orbital-Gyrus	47	11	31	-27	4.39
Rectal-Gyrus	11	4	31	-27	4.39
Rectal-Gyrus	11	4	24	-27	4.39
Rectal-Gyrus	11	-10	31	-27	4.33
Anteriores Cingulum	24	4	24	-6	4.26
Anteriores Cingulum	24	-3	24	-6	4.26
Mittlerer Gyrus Frontalis	6	-38	10	57	4.20
Mittlerer Gyrus Frontalis	6	-31	3	57	4.20
Mittlerer Gyrus Frontalis	6	-38	3	57	4.20
Gyrus Präcentralis	6	-31	-11	57	4.13

Anmerkung: Lokalisationen des statistischen Vergleichs der LORETA Quellen zwischen Gesichts- und Gebäude-EKPs. BA = Brodman Area; X, Y, Z = Talairach Koordinaten in der X, Y, Z Richtung, Z-Wert = Z-Wert des statistischen Vergleichs für die entsprechende Lokalisation. Schwelle $p = 0.01$: $Z = 4.06$; $p = 0.05$: $Z = 3.43$.

Abbildung 31 zeigt die Region des maximal signifikanten Unterschiedes in der Aktivierung zwischen Gesichtern und Gebäuden zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks.

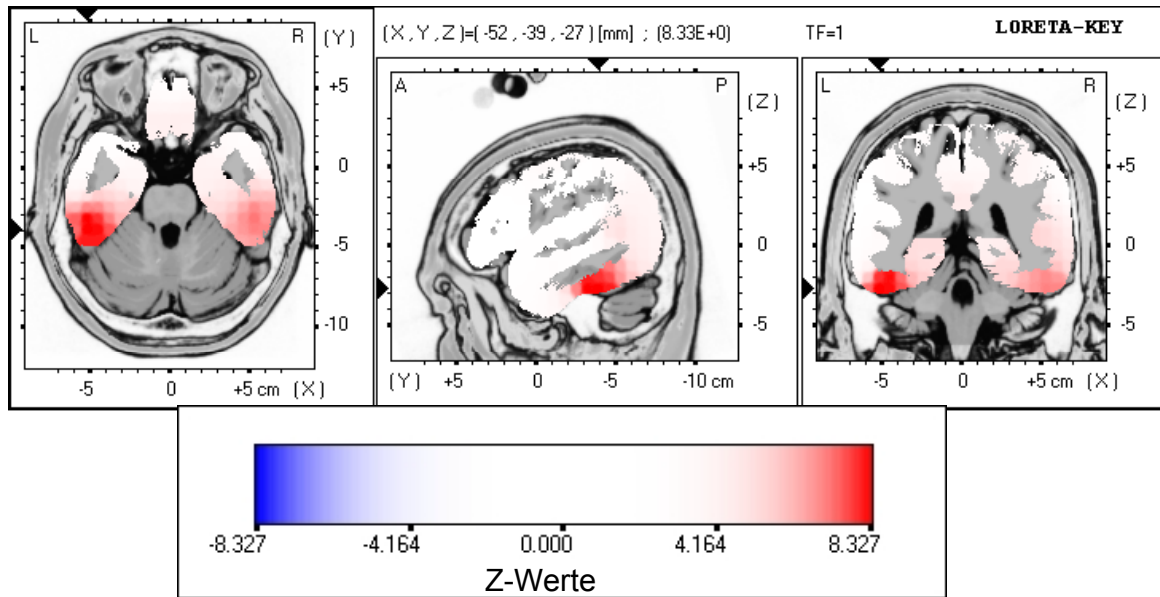


Abbildung 31. Graphische Darstellung der T-Statistiken für die stärkere Aktivierung auf Gesichter-EKPs im zweiten Segment in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die rote Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli.

Im letzten analysierten Zeitbereich (Segment 3) ergibt sich für die Bedingung „Gesichter“ eine stärkere Aktivierung im posterioren Cingulum, jedoch eine geringere Aktivierung im Bereich der Brodman Area 25 mit den Regionen des medialen Gyrus Frontalis, des anterioren Cingulums und des Gyrus Subcallosum (Tabelle 32)

Tabelle 32. Unterschiede zwischen Gesichtern und Gebäuden in der Quellenanalyse im dritten Zeitsegment

	Talairach Koordinaten				
	BA	X	Y	Z	Z-Wert
Posteriore Cingulum	30	-3	-46	22	4.51
Posteriore Cingulum	30	4	-46	22	4.51
Medialer Gyrus Frontalis	25	4	10	-20	-4.37
Anteriore Cingulum	25	-3	10	-6	-4.37
Anteriore Cingulum	25	4	10	-6	-4.37
Gyrus Subcallosum	25	4	17	-13	-4.37

Anmerkung: Lokalisationen des statistischen Vergleichs der LORETA Quellen zwischen Gesichts- und Gebäude-EKPs. BA = Brodman Area; X, Y, Z = Talairach Koordinaten in der X, Y, Z Richtung, Z-Wert = Z-Wert des statistischen Vergleichs für die entsprechende Lokalisation. Schwelle $p = 0.01$: $Z = 4.15$; $p = 0.05$: $Z = 3.58$.

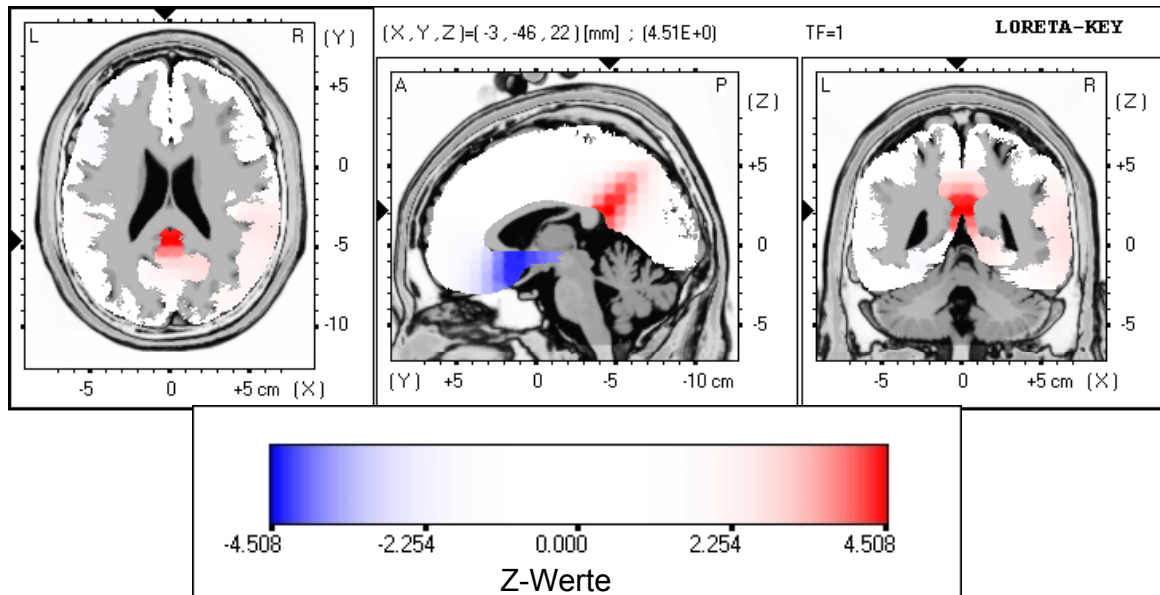


Abbildung 32. Graphische Darstellung der T-Statistiken für unterschiedliche Aktivierung auf Gesichter-EKPs und Kontrollbedingung im dritten Segment in einer transversalen (links), sagitalen (Mitte) und einer coronaren (rechts) Abbildung. Die rote Farbkodierung zeigt die höhere Aktivierung durch Gesichts-Stimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli, die blaue Farbe eine geringere Aktivierung.

3.3.2.3.2. Unterscheidung positiver und negativer Gesichtsausdrücke

- Einzelelektroden

Über der Elektrodenposition Fz ergaben sich signifikante Unterschiede in den Amplituden für das erste Zeitsegment P3 ($F[2,70] = 4.67$; $p < 0.05$), für das zweite Zeitsegment P4 ($F[2,70] = 4.96$; $p < 0.01$) und tendenziell auch für das dritte Zeitsegment P5 ($F[2,70] = 2.54$; $p < 0.1$). Über Cz zeigte sich ein Unterschied der Amplituden auf die verschiedenen Reizkategorien im zweiten Zeitsegment P4 ($F[2,70] = 6.76$; $p < 0.01$) und im dritten Zeitsegment P5 ($F[2,70] = 10.31$; $p < 0.0001$). Über der parietalen Elektrodenposition Pz unterschieden sich die Amplituden nur tendenziell ($F[2,70] = 3.05$; $p < 0.1$) im letzten Zeitbereich P5 von einander (Tabelle 33, Abbildung 33).

Tabelle 33. Emotionseffekt für die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		Freude	Trauer	Neutral		
Segment		m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd	F[2,70]	p
Fz	P3	-0.74 \pm 1.13	-1.14 \pm 1.32	-0.95 \pm 1.09	4.67	0.02
	P4	0.39 \pm 1.22	0.00 \pm 1.10	0.17 \pm 1.06	4.96	0.01
	P5	0.92 \pm 0.80	0.67 \pm 0.63	0.75 \pm 0.56	2.54	0.09
Cz	P3	0.07 \pm 1.02	-0.04 \pm 1.00	-0.05 \pm 0.97	0.74	0.48
	P4	1.20 \pm 1.31	0.78 \pm 1.34	0.76 \pm 1.21	6.76	0.01
	P5	2.06 \pm 1.10	1.68 \pm 0.83	1.57 \pm 0.77	10.31	0.0001
Pz	P3	2.59 \pm 1.33	2.51 \pm 1.34	2.49 \pm 1.24	0.31	0.74
	P4	2.32 \pm 1.34	2.43 \pm 1.39	2.30 \pm 1.16	0.46	0.63
	P5	2.30 \pm 1.28	2.34 \pm 1.21	2.04 \pm 1.07	3.05	0.06

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für freudige, traurige und neutrale Gesichtsausdrücke für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden und Irrtumswahrscheinlichkeit p

Die post-hoc Testung ergab, dass über der Elektrodenposition Fz die Amplitude auf freudige Gesichter für alle drei untersuchten Zeitbereiche signifikant höher war als auf traurige Gesichter (P3: $t[35] = 3.37$; $p < 0.01$; P4: $t[35] = 3.22$; $p < 0.05$; P5: $t[35] = 2.04$; $p < 0.05$). Über der Elektrodenposition Cz erreichten die Amplituden auf „Freude“ signifikant höhere Werte als auf „Trauer“ (P4: $t[35] = 3.12$; $p < 0.01$; P5: $t[35] = 3.25$; $p < 0.01$) und auf neutrale Gesichter (P4: $t[35] = 3.13$; $p < 0.01$; P5: $t[35] = 4.30$; $p < 0.0001$). Über Pz waren die Amplituden auf „Trauer“ (P5: $t[35] = 2.36$; $p < 0.05$) als auch tendenziell auf „Freude“ (P5: $t[35] = 1.79$; $p < 0.1$) höher als auf neutrale Gesichter.

Die Latenzen der Peaks unterschieden sich zu keinem Zeitpunkt über keiner der drei Elektrodenpositionen (Tabelle 34).

Tabelle 34. Emotionseffekt für die Latenzen (ms) der Einzelelektroden Fz, Cz, Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		Freude	Trauer	Neutral		
Segment		m ± sd	m ± sd	m ± sd	F[2,70]	p
Fz	P3	256.2 ± 21.7	259.0 ± 20.8	260.1 ± 21.5	0.67	0.52
	P4	366.6 ± 25.9	366.6 ± 24.9	371.3 ± 27.0	0.56	0.57
	P5	570.3 ± 70.0	557.2 ± 70.5	583.8 ± 63.3	1.72	0.19
Cz	P3	260.5 ± 23.5	261.6 ± 20.2	261.7 ± 23.3	0.07	0.93
	P4	366.3 ± 34.2	353.7 ± 34.6	363.9 ± 33.9	1.79	0.18
	P5	560.0 ± 60.7	568.4 ± 55.3	570.2 ± 70.0	0.37	0.69
Pz	P3	336.1 ± 51.2	328.1 ± 57.8	334.5 ± 53.3	0.36 [§]	0.70
	P4	454.0 ± 32.2	457.1 ± 33.5	449.1 ± 31.7	0.78	0.46
	P5	554.3 ± 34.3	549.2 ± 43.0	551.5 ± 46.5	0.18	0.84

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für freudige, traurige und neutrale Gesichtsausdrücke für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden und Irrtumswahrscheinlichkeit p. [§] df = 1.7,60.5

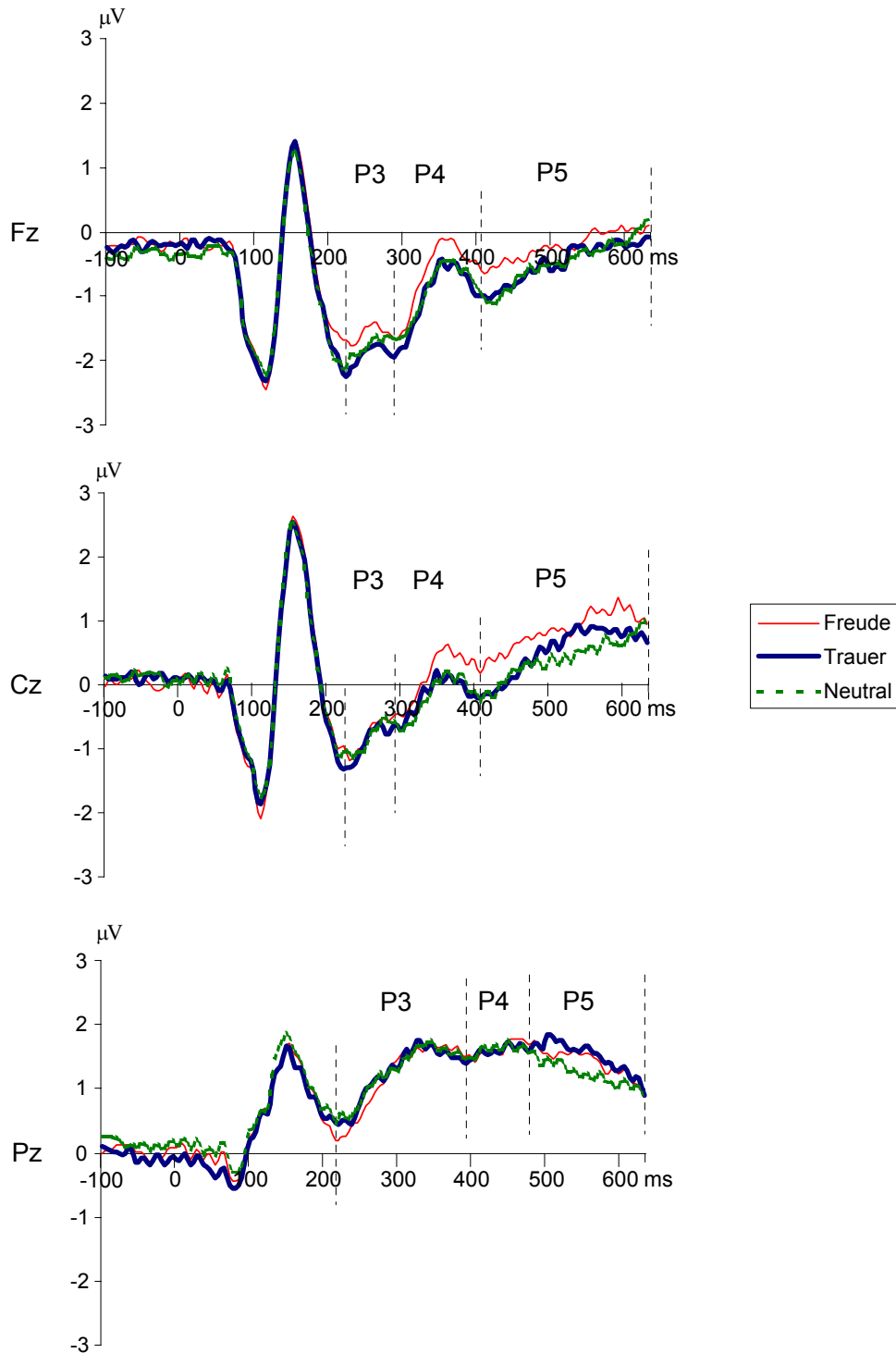


Abbildung 33. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf Gesichter mit Freude, Trauer und Neutral als Gesichtsausdruck. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- topographische Auswertung

Entgegen der Hypothese fand sich kein Hinweis auf eine unterschiedliche Lokalisation des positiven Centroids zwischen den Bedingungen im dritten Segment ($F[1.7,61.7] = 0.68$; $p = 0.49$).

Im Weiteren ergaben sich Unterschiede im Ausmaß der GFP tendenziell für das erste ($F[2,70] = 2.67$; $p < 0.1$) und das vierte Segment ($F[2,70] = 2.60$; $p < 0.1$; Tabelle 35). Die Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung unterschied sich tendenziell im dritten Zeitsegment ($F[1.3,45.2] = 3.09$; $p < 0.1$), die Lokalisation des negativen Centroids bezüglich der links-rechts Ausrichtung differierte im dritten Zeitsegment signifikant ($F[2,70] = 3.86$; $p < 0.05$) und tendenziell auch im vierten Zeitsegment ($F[1.7,59.6] = 3.08$; $p < 0.1$). In den Segmenten 5 bis 7 zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen (Tabelle mit den statistischen Kennwerten ist im Anhang Tabelle A7).

Die post-hoc Testung ließ erkennen, dass im ersten Zeitsegment die GFP auf „Freude“ im Vergleich zu „Neutral“ signifikant erhöht ($t[35] = 2.18$; $p < 0.05$), und im vierten Zeitsegment die GFP auf „Freude“ signifikant stärker als auf „Trauer“ war ($t[35] = 2.20$; $p < 0.05$). Der Haupteffekt unterschiedlicher Lokalisation in anterior-posterior Richtung des positiven Centroids im dritten Segment wurde durch eine tendenziell weiter posteriore Centroidlokalisierung auf „Trauer“ ($t[35] = 1.74$; $p < 0.1$) und neutrale Gesichtsausdrücke ($t[35] = 1.90$; $p < 0.1$) im Vergleich zu freudigen Gesichtsausdrücken verursacht. Der negative Centroid im dritten Zeitbereich auf „Freude“ ($t[35] = 2.36$; $p < 0.05$) und auf „Trauer“ ($t[35] = 2.71$; $p < 0.01$) war weiter rechts hemisphärisch lokalisiert als auf neutrale Gesichter, im vierten Zeitbereich zeigte sich eine weiter links gelegene Lokalisation auf „Trauer“ im Vergleich zu neutralen Gesichtsausdrücken ($t[35] = -2.32$; $p < 0.05$).

Tabelle 35. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der 3. Untersuchung bei Gesunden für die Segmente 1 bis 4.

Seg	Var	Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
1	Latenz	116.6 ± 12.1	115.3 ± 12.2	116.8 ± 12.0	0.38	1.5, 52.0	0.62
	GFP	1.96 ± 0.78	1.89 ± 0.74	1.85 ± 0.73	2.67	2.0, 70.0	0.076
	CX+	3.07 ± 0.24	3.07 ± 0.30	3.09 ± 0.31	0.25	2.0, 70.0	0.78
	CY+	4.18 ± 0.88	4.22 ± 0.81	4.08 ± 0.97	1.46	1.8, 61.9	0.24
	CX-	2.99 ± 0.23	3.05 ± 0.26	2.99 ± 0.27	1.35	2.0, 70.0	0.27
	CY-	2.44 ± 0.94	2.38 ± 0.85	2.51 ± 1.05	0.96	1.6, 56.8	0.37
2	Latenz	159.0 ± 11.5	157.4 ± 10.4	157.5 ± 11.4	0.67	1.4, 50.0	0.47
	GFP	2.05 ± 0.64	1.99 ± 0.64	2.07 ± 0.66	1.23	2.0, 70.0	0.30
	CX+	3.03 ± 0.18	3.02 ± 0.17	3.04 ± 0.20	0.28	2.0, 70.0	0.76
	CY+	2.59 ± 0.89	2.53 ± 0.82	2.61 ± 0.94	0.61	1.5, 53.8	0.51
	CX-	3.01 ± 0.32	3.05 ± 0.33	2.99 ± 0.34	2.22	2.0, 70.0	0.12
	CY-	4.08 ± 0.86	4.11 ± 0.76	4.08 ± 0.81	0.13	1.6, 56.6	0.84
3	Latenz	233.8 ± 34.2	227.6 ± 26.4	239.5 ± 34.7	2.33	2.0, 70.0	0.11
	GFP	1.48 ± 0.50	1.48 ± 0.51	1.51 ± 0.52	0.33	2.0, 70.0	0.72
	CX+	3.07 ± 0.34	3.05 ± 0.35	3.12 ± 0.41	0.68	1.7, 61.7	0.49
	CY+	4.08 ± 0.90	4.29 ± 0.68	4.34 ± 0.63	3.09	1.3, 45.2	0.08
	CX-	3.00 ± 0.26	3.03 ± 0.30	2.88 ± 0.28	3.86	2.0, 70.0	0.03
	CY-	2.40 ± 0.86	2.32 ± 0.68	2.21 ± 0.65	1.83	1.4, 47.5	0.18
4	Latenz	368.4 ± 10.9	367.9 ± 11.8	366.3 ± 12.2	0.31	2.0, 70.0	0.74
	GFP	0.75 ± 0.21	0.68 ± 0.23	0.72 ± 0.28	2.60	2.0, 70.0	0.08
	CX+	3.10 ± 0.59	3.10 ± 0.58	2.93 ± 0.60	1.87	1.7, 58.9	0.16
	CY+	3.16 ± 0.85	3.11 ± 0.85	3.17 ± 0.91	0.10	2.0, 70.0	0.91
	CX-	3.06 ± 0.61	2.87 ± 0.53	3.15 ± 0.61	3.08	1.7, 59.6	0.06
	CY-	2.80 ± 0.89	2.90 ± 0.91	2.77 ± 0.92	0.28	2.0, 70.0	0.76

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie die topographische Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden (df) und Irrtumswahrscheinlichkeit p; Seg. = Segment.

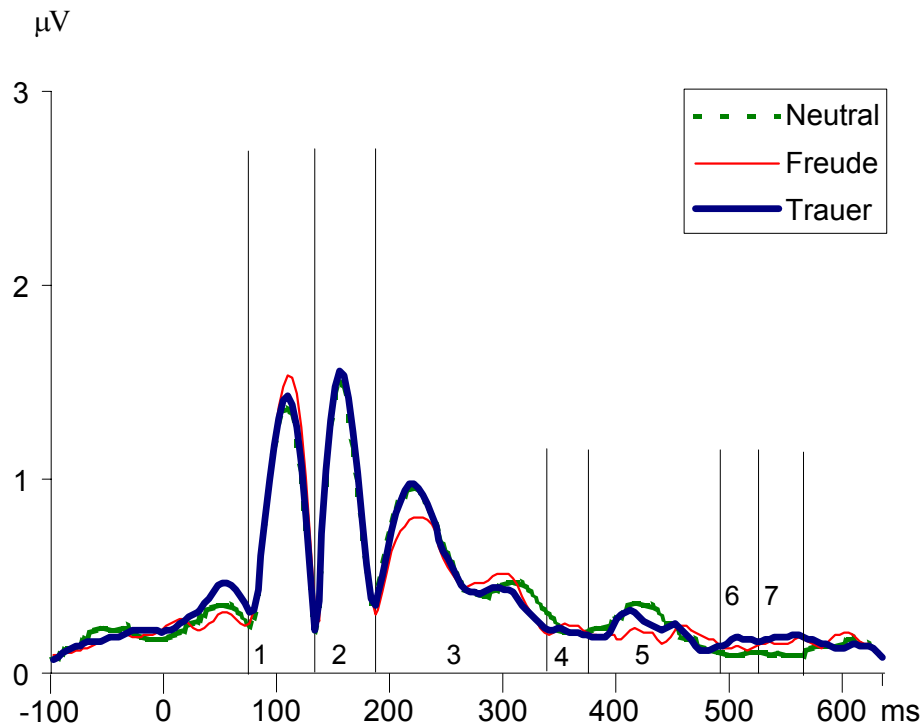


Abbildung 34. Verlauf der GFP im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden

- subjektive Bewertung und EKP-Parameter

Die Amplituden der Einzelelektroden korrelierten nur zum Teil mit der subjektiven Einschätzung der Valenz und des Arousal (siehe Tabellen A8 bis A10 im Anhang), und die Zusammenhänge waren nicht konsistent. So korrelierte im ersten Segment P3 die Amplitude über Cz auf „Trauer“ mit der Arousal Einschätzung auf „Neutral“, im Segment P4 (ebenso im Segment P5) die Amplituden über Pz auf „Trauer“, „Freude“ und „Neutral“ gleichermaßen mit der Valenzeinschätzung der Kategorie „Freude“, und im Segment P5 die Amplitude über Fz auf „Freude“ mit der Valenzeinschätzung der Kategorie „Neutral“. Nur im Segment P3 ergab sich ein sinnvoller negativer Zusammenhang der Amplituden auf „Trauer“ über Pz mit dem Arousal-Rating der Kategorie „Trauer“.

3.3.2.3.3. *Effekte der emotionalen Bedeutung der Stimuli*

- Einzelelektroden

Die Amplituden (Tabelle 36) der Einzelelektroden auf emotionale Bilder unterschieden sich über der Elektrodenposition Fz im ersten Zeitsegment P3 ($F[2,70] = 25.19$; $p < 0.0001$), im zweiten Zeitsegment P4 ($F[2,70] = 3.68$; $p < 0.05$) und tendenziell auch im dritten Zeitsegment P5 ($F[2,70] = 2.48$; $p < 0.1$). Über Cz ergaben sich Amplitudenunterschiede in allen drei Zeitbereichen (P3: $F[1.7, 58.5] = 15.59$; $p = 0.0001$; P4: $F[2,70] = 10.66$; $p < 0.0001$; P5: $F[2,70] = 6.53$; $p < 0.01$).

In der post-hoc Testung zeigte sich, dass im ersten Zeitabschnitt positive Bilder zu einer höheren Amplitude über der Elektrodenposition Fz als negative ($t[35] = 2.83$; $p < 0.01$) und als neutrale Bilder ($t[35] = 6.57$; $p < 0.0001$), und negative Bilder zu einer höheren Amplitude als neutrale Bilder führen ($t[35] = 4.80$; $p < 0.0001$). Im folgenden Zeitabschnitt P4 ergaben sich höhere Amplituden auf positive Bilder ($t[35] = 2.98$; $p < 0.01$) und tendenziell auf neutrale Bilder ($t[35] = 1.83$; $p < 0.1$) im Vergleich zu negativen Bildern. Im letzten Abschnitt P5 zeigte sich tendenziell eine höhere Amplitude auf positive Bilder im Vergleich zu negativen ($t[35] = 1.94$; $p < 0.1$) und neutralen Bildern ($t[35] = 1.74$; $p < 0.1$).

Über der Elektrodenposition Cz ergab sich für den ersten Zeitabschnitt P3 dasselbe Bild wie über der Elektrodenposition Fz. Positive Bilder führen zu einer höheren Amplitude als negative ($t[35] = 2.69$; $p < 0.05$) und als neutrale Bilder ($t[35] = 5.98$; $p < 0.0001$), und negative Bilder zu einer höheren Amplitude als neutrale Bilder ($t[35] = 2.80$; $p < 0.01$). In den Zeitabschnitten P4 und P5 bewirkten positive Bilder höhere Amplituden als negative (P4: $t[35] = 4.19$; $p < 0.0001$; P5: $t[35] = 1.98$; $p < 0.1$) und neutrale Bilder (P4: $t[35] = 3.67$; $p < 0.001$; P5: $t[35] = 4.01$; $p < 0.0001$).

Tabelle 36. Emotionseffekt für die Amplituden (μV) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		positiv	negativ	neutral		
Segment		m \pm sd	m \pm sd	m \pm sd	F[2,70]	p
Fz	P3	-0.66 \pm 1.31	-1.02 \pm 1.50	-1.51 \pm 1.59	25.19	0.0001
	P4	-0.05 \pm 1.55	-0.37 \pm 1.58	-0.14 \pm 1.65	3.68	0.03
	P5	0.59 \pm 1.08	0.31 \pm 0.92	0.34 \pm 0.99	2.48	0.09
Cz	P3	0.10 \pm 1.29	-0.30 \pm 1.34	-0.59 \pm 1.14	15.59 ¹	0.0001
	P4	0.55 \pm 1.12	0.05 \pm 1.21	0.09 \pm 1.27	10.66	0.0001
	P5	1.77 \pm 1.02	1.46 \pm 1.28	1.26 \pm 0.91	6.53	0.003
Pz	P3	2.16 \pm 1.56	2.33 \pm 1.43	2.34 \pm 1.57	1.64 ²	0.21
	P4	2.45 \pm 1.09	2.52 \pm 1.15	2.47 \pm 1.25	0.30	0.74

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für positive, negative und neutrale Bilder für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden und Irrtumswahrscheinlichkeit p; ¹: df = 1.7, 58.5; ²: df = 1.7, 59.9

Für die Latenzen finden sich keinerlei signifikante Effekte der Bildkategorie (Tabelle 37). Der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 35 dargestellt.

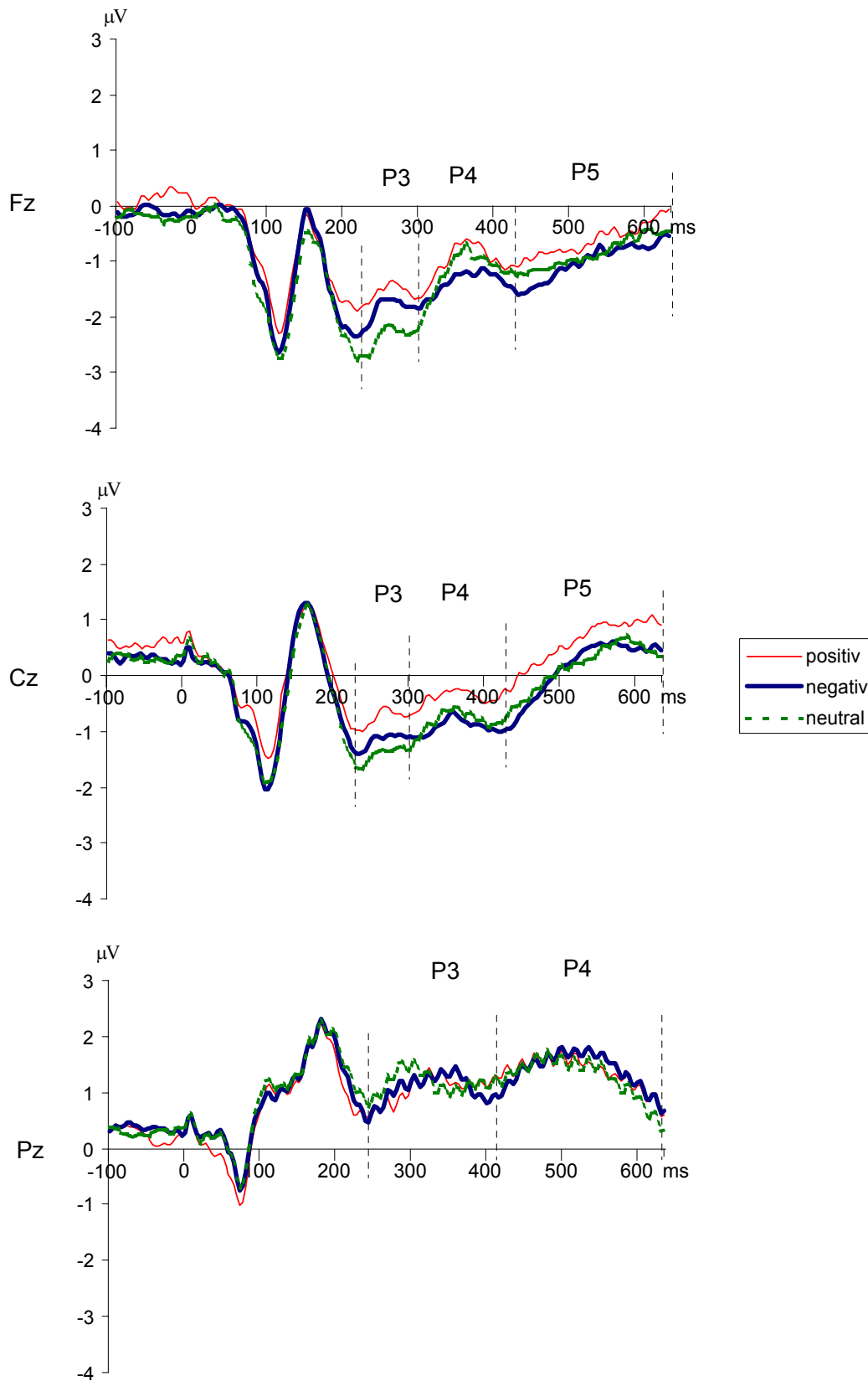


Abbildung 35. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs auf positive, negative und neutrale Bilder. Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

Tabelle 37. Emotionseffekt für die Latenzen (ms) über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		positiv	negativ	neutral		
Segment		m ± sd	m ± sd	m ± sd	F[2,70]	p
Fz	P3	268.1 ± 23.3	268.9 ± 22.7	274.2 ± 20.4	1.85 ¹	0.17
	P4	374.6 ± 35.0	374.6 ± 37.2	378.7 ± 29.8	0.27	0.76
	P5	567.6 ± 74.8	566.8 ± 71.1	560.3 ± 69.0	0.19 ²	0.79
Cz	P3	267.1 ± 22.5	261.4 ± 24.1	267.3 ± 24.4	1.62	0.21
	P4	373.3 ± 42.3	358.7 ± 40.8	364.6 ± 39.5	1.97	0.15
	P5	567.2 ± 59.3	574.4 ± 46.2	573.7 ± 45.1	0.37 ³	0.63
Pz	P3	323.0 ± 47.6	318.8 ± 49.7	311.0 ± 47.6	1.06	0.35
	P4	511.7 ± 71.1	523.2 ± 59.8	502.2 ± 54.5	2.35	0.10

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenzen über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für positive, negative und neutrale Bilder für die Segmente P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden und Irrtumswahrscheinlichkeit p; ¹ df = 1.6, 57.3; ² df = 1.7, 58.1; ³ df = 1.5, 50.8;

- topographische Auswertung

Es ergab sich kein Hinweis auf eine unterschiedliche Lokalisation des positiven Centroids im dritten Segment in den drei Bedingungen ($F[2,70] = 0.16$; $p = 0.85$). Im zweiten ($F[2,70] = 3.67$; $p < 0.05$), dritten ($F[1.7, 61.1] = 6.57$; $p < 0.01$) und fünften Zeitsegment ($F[1.6, 55.3] = 3.66$; $p < 0.05$) unterschied sich das Ausmaß der GFP zwischen den verschiedenen Reizkategorien. Im ersten Zeitsegment differierte die Lokalisation des positiven Centroids in der links-rechts Ausrichtung ($F[2,70] = 6.90$; $p < 0.01$). In anterior-posterior Richtung zeigten sich Unterschiede im zweiten ($F[2,70] = 4.24$; $p < 0.05$) und fünften ($F[1.8, 62.0] = 6.77$; $p < 0.01$) Zeitsegment bezüglich der Lokalisation des negativen Centroids, im fünften Zeitsegment auch des positiven Centroids ($F[1.8, 61.8] = 5.10$; $p < 0.05$).

Der positive Centroid im ersten Zeitfenster war auf positive Bilder ($m = 3.09 \pm 0.34$) weiter rechts lokalisiert als auf negative ($m = 2.90 \pm 0.26$; $t[35] = 3.81$; $p < 0.001$) und neutrale Bilder ($m = 2.96 \pm 0.37$; $t[35] = 2.64$; $p < 0.05$). Im zweiten Zeitbereich ergaben sich höhere GFP-Werte auf negative Bilder ($m = 1.33 \pm 0.45$) als auf positive ($m = 1.21 \pm 0.42$; $t[35] = 2.33$; $p < 0.05$) und als auf neutrale Bilder ($m = 1.22 \pm 0.44$; $t[35] = 2.48$; $p < 0.05$). Des Weiteren lag der negative Centroid auf negative Bilder ($m = 3.60 \pm 1.13$) weiter posterior als auf positive Bilder ($m = 3.23 \pm 1.14$; $t[35]$

= 3.26; $p < 0.01$). Im dritten Zeitbereich bewirkten neutrale Bilder ($m = 1.62 \pm 0.57$) höhere GFP-Amplituden als positive ($m = 1.43 \pm 0.44$; $t[35] = 3.32$; $p < 0.01$) und negative Bilder ($m = 1.49 \pm 0.52$; $t[35] = 2.18$; $p < 0.05$). Im letzten Zeitabschnitt zeigte sich eine höhere GFP auf negative ($m = 1.05 \pm 0.34$) im Vergleich zu neutralen ($m = 0.94 \pm 0.26$; $t[35] = 2.78$; $p < 0.01$) Bildern. Die positiven Centroide auf negative Bilder ($m = 3.88 \pm 0.76$; $t[35] = 3.70$; $p < 0.001$) und tendenziell auf positive Bilder ($m = 3.67 \pm 1.00$; $t[35] = 1.75$; $p < 0.1$) waren weiter posterior lokalisiert als auf neutrale Bilder ($m = 3.29 \pm 1.13$). Entsprechend lagen die negativen Centroide auf positive Bilder ($m = 2.38 \pm 0.95$; $t[35] = 2.03$; $p < 0.05$) und auf negative Bilder ($m = 2.15 \pm 0.75$; $t[35] = 4.25$; $p < 0.0001$) weiter anterior als auf neutrale Bilder ($m = 2.81 \pm 1.06$). In Abbildung 36 ist der Verlauf der GFP dargestellt.

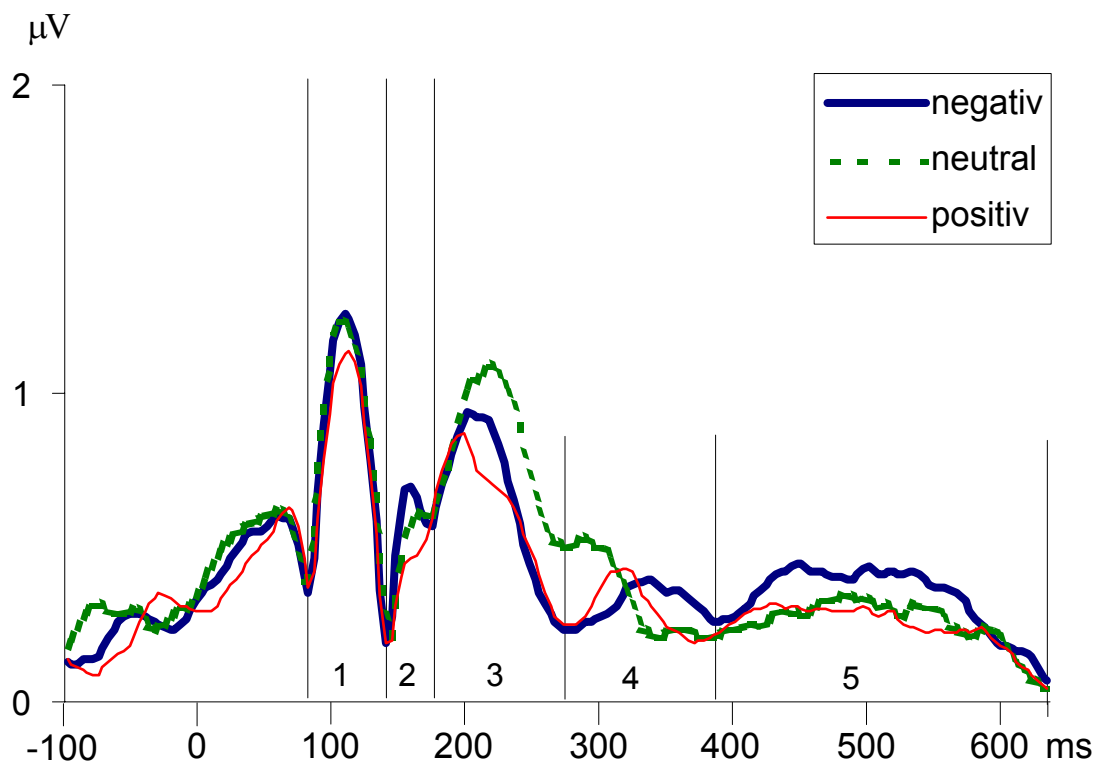


Abbildung 36. Verlauf der GFP auf die emotionalen Gesichtsausdrücke Paradigma „Emotionale Bilder“ der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden.

Tabelle 38. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionale Bilder“ für 5 Segmente der 3. Untersuchung bei Gesunden

Seg	Var	Freude m ± sd	Trauer m ± sd	Neutral m ± sd	F	df	p
1	Latenz	113.1 ± 13.2	114.4 ± 12.8	115.9 ± 14.4	1.05	2.0, 70.0	0.36
	GFP	1.75 ± 0.72	1.78 ± 0.70	1.79 ± 0.76	0.34	2.0, 70.0	0.71
	CX+	3.09 ± 0.34	2.90 ± 0.26	2.96 ± 0.37	6.90	2.0, 70.0	0.002
	CY+	4.09 ± 0.91	4.10 ± 0.95	4.12 ± 0.88	0.11	1.7, 59.5	0.86
	CX-	2.94 ± 0.30	3.05 ± 0.26	2.97 ± 0.33	2.40	2.0, 70.0	0.10
	CY-	2.39 ± 0.90	2.40 ± 0.84	2.38 ± 0.87	0.03	1.5, 51.3	0.94
2	Latenz	161.8 ± 11.0	159.1 ± 10.6	160.0 ± 10.4	1.21	2.0, 70.0	0.31
	GFP	1.21 ± 0.42	1.33 ± 0.45	1.22 ± 0.44	3.67	2.0, 70.0	0.03
	CX+	3.00 ± 0.37	2.98 ± 0.43	2.99 ± 0.35	0.04	2.0, 70.0	0.96
	CY+	3.17 ± 1.00	2.93 ± 0.97	3.07 ± 0.95	2.11	1.8, 61.9	0.14
	CX-	3.05 ± 0.34	3.09 ± 0.38	3.09 ± 0.45	0.26	2.0, 70.0	0.78
	CY-	3.23 ± 1.14	3.60 ± 1.13	3.39 ± 1.11	4.24	2.0, 70.0	0.02
3	Latenz	209.9 ± 24.3	214.7 ± 31.5	215.5 ± 29.2	0.58	1.7, 60.7	0.54
	GFP	1.43 ± 0.44	1.49 ± 0.52	1.62 ± 0.57	6.57	1.7, 61.1	0.004
	CX+	3.18 ± 0.29	3.15 ± 0.29	3.17 ± 0.29	0.16	2.0, 70.0	0.85
	CY+	4.02 ± 0.77	4.12 ± 0.68	4.10 ± 0.67	0.32	1.7, 58.0	0.69
	CX-	2.94 ± 0.33	3.03 ± 0.37	2.91 ± 0.33	2.05	2.0, 70.0	0.14
	CY-	2.16 ± 0.74	2.19 ± 0.81	2.26 ± 0.75	0.35	1.7, 60.3	0.68
4	Latenz	328.7 ± 28.4	328.8 ± 26.5	321.7 ± 30.5	0.89	2.0, 70.0	0.42
	GFP	1.00 ± 0.49	0.99 ± 0.44	1.09 ± 0.46	1.80	2.0, 70.0	0.17
	CX+	3.12 ± 0.55	3.07 ± 0.50	3.13 ± 0.41	0.30	2.0, 70.0	0.74
	CY+	3.32 ± 1.10	3.49 ± 1.14	3.41 ± 1.23	0.46	2.0, 70.0	0.63
	CX-	2.95 ± 0.54	2.94 ± 0.57	2.98 ± 0.52	0.10	2.0, 70.0	0.90
	CY-	2.91 ± 0.97	2.73 ± 0.96	2.92 ± 1.03	1.17	2.0, 70.0	0.32
5	Latenz	487.0 ± 78.4	491.6 ± 78.7	471.3 ± 86.3	0.79	2.0, 70.0	0.46
	GFP	0.98 ± 0.31	1.05 ± 0.34	0.94 ± 0.26	3.66	1.6, 55.3	0.04
	CX+	2.98 ± 0.48	3.11 ± 0.48	3.06 ± 0.39	0.92	1.6, 55.1	0.38
	CY+	3.67 ± 1.00	3.88 ± 0.76	3.29 ± 1.13	5.10	1.8, 61.8	0.011
	CX-	2.98 ± 0.57	2.85 ± 0.47	2.92 ± 0.43	0.86	2.0, 70.0	0.43
	CY-	2.38 ± 0.95	2.15 ± 0.75	2.81 ± 1.06	6.77	1.8, 62.0	0.003

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden und Irrtumswahrscheinlichkeit p.

- subjektive Bewertung und EKP-Parameter

Die Amplituden der Einzelelektroden korrelierten nur zum Teil mit der subjektiven Einschätzung der Valenz und des Arousal (siehe Tabelle A11 bis A13 im Anhang) und die Zusammenhänge ergaben keine konsistenten Befunde. So korrelierte im ersten Segment P3 die Amplitude über Fz auf neutrale Bilder ebenso wie die Amplitude über Cz auf negative Bilder mit der Valenzeinschätzung der neutralen Bilder positiv. Über Pz korrelierte die Valenzeinschätzung positiv mit den Amplituden für negative, positive und neutrale Bilder gleichermaßen. Im Zeitbereich P4 fand sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Valenzeinschätzung der neutralen Bilder und der Pz-Amplitude auf negative Bilder. Auch für die Parameter der topographischen Auswertung, die sich zwischen den Bedingungen unterscheiden haben, finden sich keine gut interpretierbaren Zusammenhänge zur subjektiven Bewertung der Stimuli (Tabelle A14 im Anhang).

3.3.2.3.4. Dekodierung negativer Gesichtsausdrücke

Über Fz zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($F[3,105] = 1.12$; $p = 0.35$) in den Amplituden für die Komponente N2 (von 160 ms bis 270 ms) und somit keine Bestätigung für die Hypothese dieser Untersuchung. Nur die Amplitudenunterschiede über Pz sowohl für die Komponente P3 ($F[2.6,89.3] = 9.23$; $p < 0.0001$) als auch für P4 ($F[3,105] = 9.63$; $p < 0.0001$) zwischen den Bedingungen sind so deutlich ausgeprägt, dass sie auch nach α -Adjustierung ($\alpha_{\text{adjustiert}}$ bei insgesamt 56 Testungen $= 0.05/56 = 0.0009$) signifikant unterschiedlich sind. In Tabelle 39 sind die Mittelwerte und die statistischen Kennwerte der Amplituden der Einzelelektroden wiedergegeben.

Die Unterschiede in den Amplituden über Pz lassen sich eindeutig für beide Zeitsegmente P3 und P4 auf höhere Amplituden der emotionalen Gesichtsausdrücke „Furcht“ (P3: $m = 2.70 \pm 1.07$; $t[35] = 3.71$; $p < 0.0001$; P4: $m = 2.62 \pm 1.24$; $t[35] = 4.33$; $p < 0.0001$), „Ärger“ (P3: $m = 2.83 \pm 1.11$; $t[35] = 4.58$; $p < 0.0001$; P4: $m = 2.45 \pm 1.06$; $t[35] = 3.85$; $p < 0.0001$), und „Ekel“ (P3: $m = 2.63 \pm 1.01$; $t[35] = 3.08$; $p < 0.004$; P4: $m = 2.50 \pm 1.02$; $t[35] = 4.24$; $p < 0.0001$) im Vergleich zu den neutralen Gesichtsausdrücken (P3: $m = 2.09 \pm 1.22$; P4: $m = 1.89 \pm 0.75$) zurückführen. Sowohl für P3 ($F[2,70] = 1.16$; $p = 0.32$) als auch für P4 ($F[2,70] = 0.77$; $p = 0.47$) ergeben sich keine Amplitudenunterschiede zwischen den verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken „Furcht“, „Ärger“ und „Ekel“.

Tabelle 39. Emotionseffekt über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz für die drei Segmente P3, P4 und P5

		Neutral	Ekel	Ärger	Furcht		
	Seg.	m ± sd	m ± sd	m ± sd	m ± sd	F[3,105]	p
Fz	N2	-2.59 ± 1.16	-2.42 ± 1.31	-2.50 ± 1.27	-2.62 ± 1.21	1.12	0.35
	N3	-2.18 ± 1.17	-1.73 ± 1.20	-1.94 ± 1.02	-2.15 ± 1.18	5.05	0.003
	N4	-1.72 ± 0.97	-1.46 ± 1.16	-1.63 ± 0.95	-1.70 ± 1.03	1.70 ¹	0.18
	P3	-0.84 ± 0.97	-0.54 ± 1.07	-0.77 ± 1.00	-0.78 ± 1.09	2.61	0.06
	P4	0.15 ± 0.82	0.58 ± 1.20	0.29 ± 0.98	0.26 ± 1.20	3.52	0.02
	P5	0.64 ± 0.62	0.85 ± 0.85	0.73 ± 0.68	0.71 ± 0.80	1.03 ²	0.37
Cz	N2	-1.68 ± 1.39	-1.57 ± 1.27	-1.44 ± 1.21	-1.64 ± 1.22	1.00 ³	0.37
	N3	-1.46 ± 1.39	-1.02 ± 1.02	-0.86 ± 1.10	-1.20 ± 1.20	5.20	0.002
	N4	-1.19 ± 0.97	-0.98 ± 0.98	-0.72 ± 1.09	-1.01 ± 1.07	4.00	0.009
	P3	0.14 ± 1.06	0.28 ± 1.08	0.44 ± 0.96	0.26 ± 1.01	1.32 ⁴	0.27
	P4	0.73 ± 1.03	0.97 ± 1.11	1.21 ± 1.04	0.94 ± 1.18	3.52	0.02
	P5	1.46 ± 0.64	1.41 ± 0.80	1.56 ± 0.97	1.56 ± 0.80	0.70	0.55
Pz	P3	2.09 ± 1.22	2.63 ± 1.01	2.83 ± 1.11	2.70 ± 1.07	9.23⁵	0.0001
	P4	1.89 ± 0.75	2.50 ± 1.02	2.45 ± 1.06	2.62 ± 1.24	9.63	0.0001

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Amplitude über den Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz für positive, negative und neutrale Bilder für die Segmente (Seg.) P3, P4 und P5. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl von Freiheitsgraden und Irrtumswahrscheinlichkeit p; ¹ df = 2.5, 87.1; ² df = 2.5, 86.5; ³ df = 1.8, 64.6 ⁴ df = 2.4, 82.9; ⁵ df = 2.6, 89.3;

Der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 37 dargestellt.

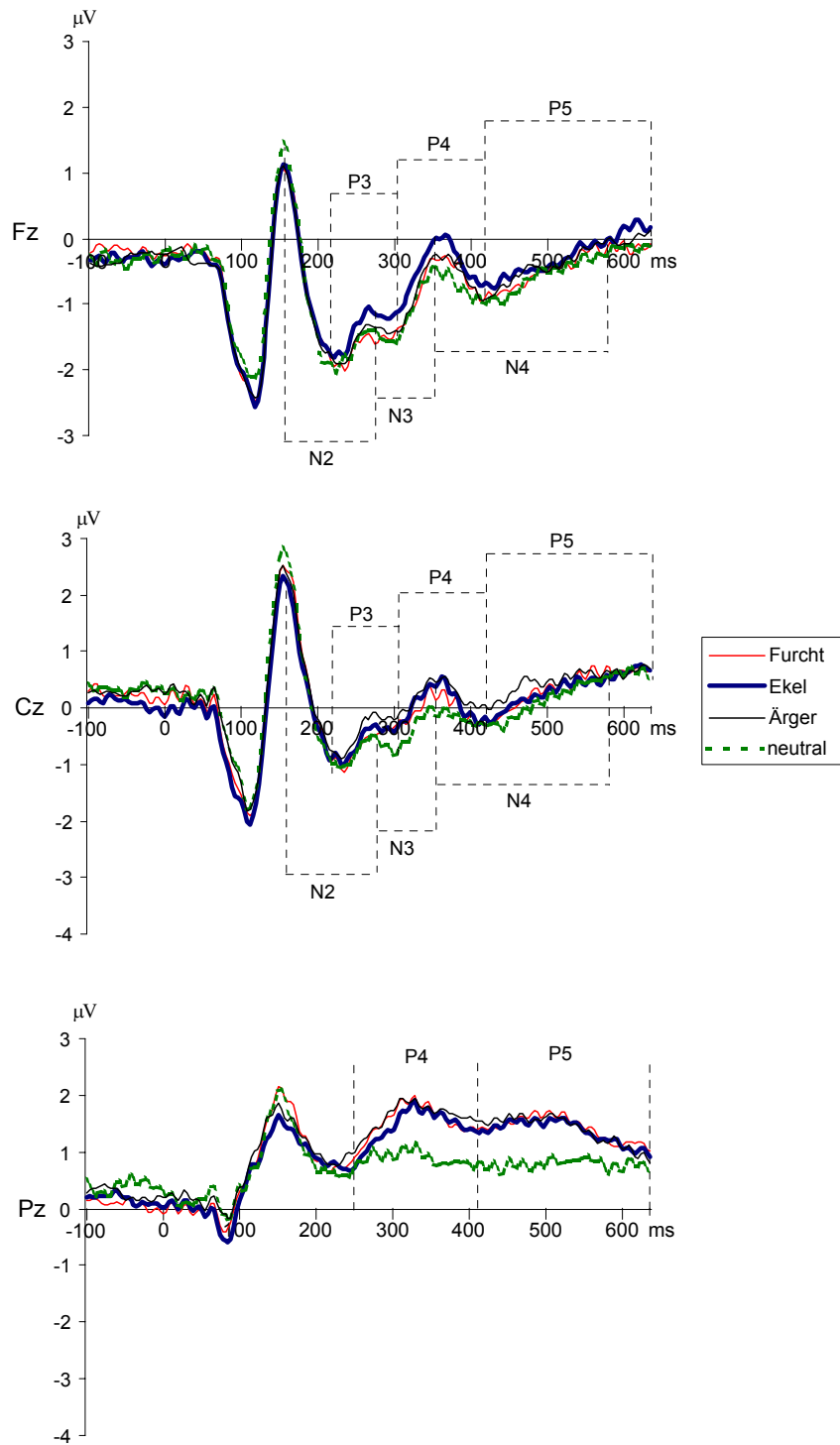


Abbildung 37. Emotionsdekodierung über den Einzelelektroden Fz, Cz und Pz. Dargestellt ist der Verlauf der EKPs während einer passiven Betrachtungsaufgabe (neutral) sowie der aktiven Emotionsdekodierung (Furcht, Ärger, Ekel). Die vertikalen, gestrichelten Linien geben die jeweiligen Segmentgrenzen an.

- topographische Auswertung

In der topographischen Auswertung (siehe Tabellen A15 und A16 im Anhang) unterschieden sich die Bedingungen in keinem Parameter signifikant (nach entsprechender α -Adjustierung). Der über der Einzelelektrode Pz beschriebene Effekt erhöhter Amplituden auf die emotionalen im Vergleich zu den neutralen Gesichtsausdrücken zeigte sich nicht in der topographischen Auswertung.

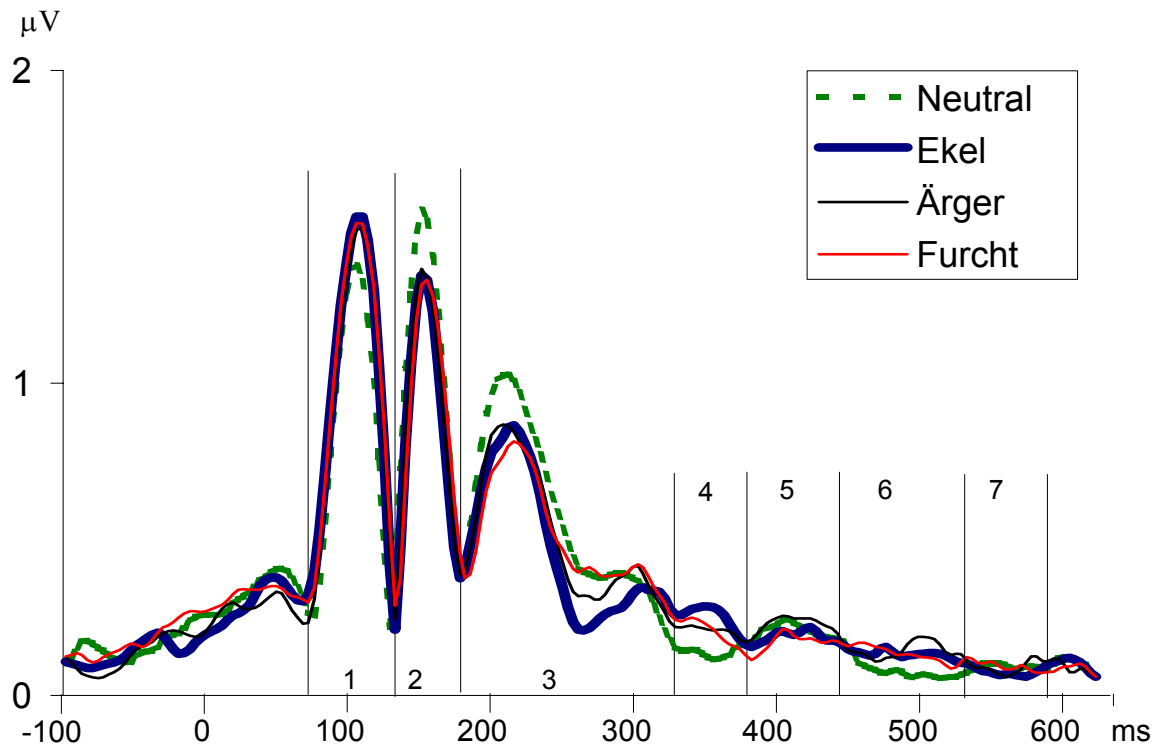


Abbildung 38. Verlauf der GFP im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der 3. Untersuchung für die gesunden Probanden

3.3.2.4. Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

Zum Zeitpunkt des Gesichterpeaks (Segment 2) konnte in dieser Untersuchung sowohl über den Einzelelektroden als auch in der GFP eine stärkere Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu den Gebäudereizen repliziert werden. Dieser Befund ist somit äußerst stabil und fast in jedem Einzelfall über den Einzelelektroden T5 und T6 zu sehen. Es zeigen sich keine unterschiedlichen Latenzen und auch keine Seitendifferenzen bezüglich des Gesichterpeaks. In den LORETA Berechnungen wurden in dieser Untersuchung deutlich mehr Areale als in den ersten beiden Untersuchungen angegeben, in denen sich die Aktivierungen der Bedingungen „Gesichter“ und „Gebäude“ signifikant unterscheiden. Dies kann möglicherweise

aufgrund der erhöhten statistischen Power durch die doppelte Anzahl von Versuchspersonen bedingt sein.

Der deutlichste Unterschied in der Aktivierung bei der Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich zu den Kontrollstimuli wurde von LORETA im Gyrus Fusiformis beidseitig lokalisiert. Des Weiteren wurden wie in der ersten Untersuchung der Gyrus Cingulum und der mittlere Gyrus Frontalis, und wie in der zweiten Untersuchung der mittlere Gyrus Temporalis und der inferiore Parietallappen auf Gesichter stärker als auf die Kontrollstimuli aktiviert. Inwieweit sich diese Quellen, die nur in zwei oder sogar nur in der letzten Studie gefunden wurden, replizieren lassen, bleibt unklar. Daher werden sie im Hinblick auf die Gesichtsverarbeitung nicht weiter interpretiert.

Im ersten Zeitsegment ist der positive Centroid auf Gesichter tendenziell weiter posterior lokalisiert als auf die Kontrollstimuli. Obwohl dieser Unterschied in dieser Untersuchung nicht deutlich hervortritt, wurde er in allen drei Untersuchungen nachgewiesen, und deutet auf eine unterschiedliche Verarbeitung der Gesichts- und Kontrollbilder zu einem frühen Zeitpunkt um 116 ms hin. Weitere Belege für diese frühen Unterschiede finden sich in der signifikant erhöhten GFP auf die Gesichtsstimuli im Vergleich zu den Kontrollstimuli im ersten Segment. Diese erhöhte GFP wurde auch in der ersten, nicht aber in der zweiten Untersuchung nachgewiesen. Als Interpretation bisher beschriebener früher Unterschiede in den EKPs zwischen Gesichtern und Kontrollreizen wurden von Liu et al. (2002) physikalische Unterschiede oder methodische Fehler herangezogen. Ein Unterschied in den physikalischen Reizeigenschaften kann bei unserem Stimulusmaterial nicht ausgeschlossen werden, allerdings verwendeten Liu et al. (2002) in ihrer MEG-Untersuchung ebenso Bilder von Gebäuden (und von Tieren, von Körperteilen, von Gegenständen) als Kontrollstimuli. Somit ist das Stimulusmaterial dieser Untersuchung durchaus mit dem Stimulusmaterial von Liu et al. (2002) vergleichbar. Die Effekte unterschiedlicher Aktivierung auf Gesichter und Kontrollreize zeigten sich in der Studie von Liu et al. (2002) sowohl für die frühe (um 105 ms) als auch für die späte Komponente (um 170 ms) über den Regionen, die in EEG-Studien auch den Gesichterpeak aufweisen. Zwar führten Liu und Mitarbeiter keine Quellelokalisierung durch, aufgrund der ähnlichen Topographie beider Komponenten kann man aber annehmen, dass beide Komponenten in ähnlichen Regionen generiert werden. Zur besseren Interpretation der erhöhten GFP Werte auf Gesichter im ersten Segment dieser Untersuchung können die Ergebnisse der Quellenlokalisierung herangezogen

werden. Für das erste Zeitsegment zeigen Gesichter eine stärkere Aktivierung im inferioren Gyrus Temporalis, eine Region die unmittelbar neben dem Gyrus Fusiformis gelegen ist. Aufgrund dieser Befunde kann man die Unterschiede in den topographischen Parametern und der GFP im ersten Segment als Beleg einer früher Verarbeitung von Gesichtern interpretieren. Die inhaltliche Bedeutung dieser frühen Verarbeitung ist noch nicht geklärt, die Studien von Liu et al. (2002) legen aber nahe, dass es sich hierbei um das Erkennen eines Reizes als Gesicht handelt.

Im dritten Zeitbereich findet sich in dieser Studie eine geringere GFP auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollstimuli. Dies wurde schon in der zweiten allerdings nicht in der ersten Studie gefunden. Ebenso zeigte sich die weiter posteriore Lokalisation des negativen Centroids auf Gesichter schon in der zweiten jedoch nicht in der ersten Untersuchung. In der Quellenlokalisierung, die für dieses Segment in dieser Untersuchung zum ersten Mal durchgeführt wurde, findet sich eine signifikant höhere Aktivierung auf Gesichter im posterioren Cingulum, während der Bereich der Brodman Area 25, der mediale Gyrus Frontalis, das anteriore Cingulum und der Gyrus subcallosus eine verringerte Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollstimuli aufweisen. Aufgrund dieser Unterschiede in den beteiligten Quellen kann folgende Hypothese über die Unterschiede in der GFP und den topographischen Variablen formuliert werden: Da die Region des posterioren Cingulums mit der Verarbeitung von emotionalen Reizen in Verbindung gebracht wird (Maddock, 1999; Maddock, Garrett & Buonocore, 2003), könnte die stärkere Aktivierung dieser Region auf Gesichter durch die stärkere emotionale Bedeutung von Gesichtern bedingt sein. Die frontalen Areale um die Brodman-Area 25 wurden mit Prozessen der Aufmerksamkeit und der Handlungsregulation in Verbindung gebracht (Fallgatter et al., 2002; Paulus, Hozack, Frank & Brown, 2002). Dem entsprechend müsste die stärkere frontale Aktivierung auf „Gebäude“ im Vergleich zu „Gesichtern“ durch eine kognitive Beanspruchung durch die Gebäude-Reize verursacht sein. Allerdings bleibt diese Interpretation spekulativ.

Entgegen der Erwartung konnte keine Verschiebung des positiven Centroids auf „Trauer“ nach links im dritten Zeitfenster des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“ dieser Untersuchung nachgewiesen werden. Möglicherweise waren die in der ersten und zweiten Untersuchung gefundenen Effekte nur zufällige Ergebnisse, die im Rahmen der fehlenden α -Adjustierung, und somit einer

Aufsummierung der Irrtumswahrscheinlichkeit, zu erklären sind. Die im dritten und vierten Segment beschriebene unterschiedliche Lokalisation des negativen Centroids in der links-rechts Richtung wurde weder in der ersten noch in der zweiten Untersuchung gefunden, und wird daher nicht weiter interpretiert. Zusammenfassend muss gesagt werden, dass sich durch die topographische Auswertung kein valides Maß für die Unterscheidung von freudigen, traurigen und neutralen Gesichtsausdrücken ergeben hat, und somit auch nicht für die Anwendung bei schizophrenen Patienten sinnvoll erscheint.

Auch die Ergebnisse bezüglich der Amplituden über den Einzelelektrodenpositionen unterscheiden sich deutlich von den Effekten der ersten beiden Untersuchungen. Zwar sind die Amplituden über Cz ab ca. 300 ms in dieser Auswertung am höchsten auf freudige Gesichtsausdrücke, vergleichbar den Ergebnissen der beiden ersten Untersuchungen. Im Gegensatz zu den beiden ersten Untersuchungen zeigte sich diese Erhöhung aber auch im folgenden Zeitsegment P5, und in allen drei Zeitsegmenten über Fz. Des Weiteren waren in dieser Untersuchung die Amplituden über Cz auf „Freude“ höher als auf „Trauer“ und neutrale Gesichter, während in der zweiten Untersuchung die „Freude“-Gesichter signifikant größer als die „Trauer“-Gesichter, und in der ersten Untersuchung die „Freude“- und „Trauer“-Gesichter gleichermaßen erhöht im Vergleich zu den neutralen Gesichtern waren. Aufgrund dieser unterschiedlichen Ergebnisse ist eine sinnvolle Interpretation dieser Amplitudenunterschiede nicht möglich. Die in der dritten Untersuchung tendenziell signifikanten Unterschiede über Pz im letzten Zeitsegment mit erhöhten Amplituden auf die emotionalen Gesichtsausdrücke „Freude“ und „Trauer“ im Vergleich zu „Neutral“, könnten durch die stärkere Erregung begründet sein, die emotionale Gesichtsausdrücke im Vergleich zu neutralen Gesichtsausdrücken auslösen. Diese Interpretation wird allerdings nicht durch die individuelle Einschätzung der Stimuli gestützt. Die Amplituden im Segment P5 über Pz stehen in keinem signifikanten Zusammenhang zur individuellen Einschätzung des ausgelösten Arousal der Bilder.

Ähnlich wie im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ konnte in dieser Stichprobe kein Effekt des emotionalen Bildinhalts auf die Lokalisation des positiven Centroids in der links-rechts Richtung im dritten Zeitfenster nachgewiesen werden. Eine Interpretation der weiteren Effekte, sowohl der Amplitudeneffekte der Einzelelektroden als auch der topographischen Parameter, ist schwierig, da keiner

dieser Effekte in der zweiten Untersuchung beschrieben wurde. Auf der anderen Seite sind in dieser Untersuchung deutliche Unterschiede zwischen den Bedingungen zu sehen, die auch beinahe einer α -Adjustierung nach Bonferroni (bei 30 Tests in der topographischen Auswertung wäre $\alpha_{\text{adjustiert}} = 0.05/30 = 0.0017$) standhalten. Die fehlenden sinnvollen Zusammenhänge der EKP-Parameter mit der subjektiven Einschätzung der verwendeten Stimuli widersprechen allerdings einer Interpretation der Ergebnisse.

Die subjektive Einschätzung der Bilder hat ergeben, dass sowohl positive als auch negative Bilder ein signifikant stärkeres subjektives Arousal bewirken als die neutralen Bilder. Dies steht im Widerspruch zur Auswahl der Stimuli im Vorversuch, in dem versucht wurde, möglichst Bilder mit gleichem Arousal je Kategorie auszuwählen. Da aber auch emotionale Gesichtsausdrücke stärker erregend als neutrale Gesichtsausdrücke eingeschätzt werden, war die Auswahl der Bilder für einen Vergleich mit den Effekten der emotionalen Gesichtsausdrücke passend. Das in dieser Untersuchung keine erhöhte Amplitude auf die erregenden Bilder im Vergleich zu den neutralen Bildern gefunden werden konnte, kann daran liegen, dass dieser Effekt eventuell erst bei stärker erregenden Bildern zum Tragen kommt.

Die von Streit et al. (2000) beschriebene frontale Negativierung um 240 ms während der Emotionserkennung konnte in dieser Auswertung des Paradigmas „Negative Gesichtsausdrücke“ nicht repliziert werden. In beiden Untersuchungen wurden die EKPs für eine vergleichbare Emotionsdekodierung und eine Kontrollaufgabe erhoben. Die Kontrollaufgabe in der Untersuchung von Streit et al. (2000) bestand im Erkennen von Gesichtern, die nur verschwommen dargeboten wurden, in dieser Untersuchung bestand die Kontrollaufgabe im passiven Betrachten neutraler Gesichtsausdrücke. Da die Emotionsdekodierungsaufgaben beider Untersuchungen durchaus vergleichbar waren, ist es wahrscheinlich, dass die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Untersuchungen durch die Kontrollaufgabe begründet sind. Es könnte sein, dass die Kontrollaufgabe von Streit et al. (2000) aktiv zu einer Positivierung, oder wegen der verschwommenen Bilder zu einer fehlenden Negativierung der EKPs führt. Da sich diese Negativierung aber beim einfachen Betrachten neutraler Gesichtsausdrücke zeigt (und somit kein Unterschied zwischen der Emotionsdekodierung und der Betrachtung der neutralen Bilder zu finden ist), kann man davon ausgehen, dass es sich bei dem von Streit et al. (2000)

beschriebenen Effekt nicht um das neuronale Korrelat der Emotionsdekodierung handelt. Die in dieser Untersuchung deutlich erhöhte Amplitude über Pz in der Emotionsdekodierungsaufgabe im Vergleich zur passiven Betrachtungsaufgabe kann ebenso nicht als ein spezifisches Aktivierungsmuster für die Emotionsdekodierung gesehen werden. Für diesen Zweck müsste eine Vergleichsaufgabe mit ähnlicher Schwierigkeit durchgeführt werden, z.B. eine Unterscheidung des Geschlechts. Alternativ kann die Amplitudenerhöhung in dieser Untersuchung als Zeichen unspezifischer kognitiver Aktivierung während der Emotionsdekodierung gedeutet werden.

Dennoch können mit diesem Paradigma zwei wesentliche Bereiche der Emotionsdekodierung bei schizophrenen Patienten untersucht werden. Erstens kann die Frage geklärt werden, inwieweit schizophrene Patienten eine vergleichbare kortikale Aktivierung wie eine gesunde Kontrollgruppe bei der Emotionsdekodierung aufweisen. Zweitens kann überprüft werden, inwieweit sich der Effekt erhöhter Fehleinschätzungen neutraler Gesichter bei schizophrenen Patienten (Heimberg et al., 1992; Schneider et al., 1995) in den EKPs widerspiegelt.

3.3.3. Vergleich schizophrener Patienten mit einer gesunden Kontrollgruppe bezüglich der Gesichtsverarbeitung und der Emotionsdekodierung.

Im ersten Teil der Auswertung der gesamten gesunden Kontrollgruppe der dritten Untersuchung wurde sowohl das Paradigma „Gesichterpeak“ als auch das Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ für einen Vergleich zwischen Patienten und einer gesunden Kontrollgruppe ausgewählt. Zunächst sollen nun die Ergebnisse der beiden Paradigmen für die als schizophren diagnostizierten Patienten (ICD-10) und eine entsprechende Kontrollgruppe dargestellt werden. Im Weiteren werden Zusammenhänge zwischen den EEG-Parametern und der Symptomatik, allgemeinen demographischen Variablen und der kognitiven Leistung berechnet. Da sich in der Literatur wiederholt gezeigt hat, dass Patienten aus der Untergruppe der paranoiden Schizophrenien deutlich bessere Leistungen als nicht-paranoide schizophrene Patienten in der Emotionserkennung aufweisen (Kline et al., 1992; Lewis & Garver, 1995), werden neben der dimensionalen Betrachtung des Zusammenhangs der Symptomatik und der EEG-Parameter auch kategoriale Patienten mit einer paranoiden Schizophrenie mit nicht-paranoiden schizophrenen Patienten verglichen.

3.3.3.1. Hypothesen und Fragestellungen

Messung „Gesichterpeak“

- Hypothese

- Schizophrene Patienten zeigen eine spezifisch verringerte N170 Amplitude auf Gesichter im Vergleich zur Kontrollgruppe.

- weitere Fragestellungen

1. Welche Unterschiede ergeben sich in der topographischen Auswertung des Gesichterpeaks zwischen Patienten und Kontrollpersonen?
2. Welche Zusammenhänge ergeben sich zwischen den elektrophysiologischen Maßen der Gesichtsverarbeitung und der Symptomatik, der Medikation und der kognitiven Leistungsfähigkeit?

Messung „Negative Gesichtsausdrücke“

- Hypothesen

1. Schizophrene Patienten zeigen eine verringerte positive Amplitude der P3 und P4 Komponente während der Emotionsdekodierung.
2. Schizophrene Patienten zeigen eine erhöhte positive Amplitude der P3 und P4 Komponente während der passiven Gesichtsbetrachtung.

3. Schizophrene Patienten begehen mehr Fehler in der Emotionsdekodierung und nennen häufiger emotionale Gesichtsausdrücke in der passiven Betrachtung neutraler Gesichtsausdrücke

- *weitere Fragestellung*

- Welche Zusammenhänge ergeben sich zwischen den elektrophysiologischen Maßen der neutralen Gesichtsbetrachtung und der Emotionsdekodierung und der Symptomatik, der Medikation und der kognitiven Leistungsfähigkeit?

3.3.3.2. Methode

3.3.3.2.1. Neuropsychologie

Im Anschluss an die EEG-Untersuchung wurden die folgenden neuropsychologischen Testverfahren durchgeführt, um die zuvor bei schizophrenen Patienten gezeigten Zusammenhänge zwischen der Emotionserkennung und der kognitiven Leistung auch auf die entsprechenden elektrophysiologischen Parameter auszuweiten.

MWT: Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (Lehrl, Merz, Burkhard & Fischer, 1991). Dem Probanden werden 37 Reihen mit jeweils fünf „Worten“ vorgelegt, wobei immer nur ein Wort je Zeile in der deutschen Sprache existiert und von der Versuchsperson ohne Zeitbeschränkung markiert werden soll. Der MWT dient zur Abschätzung der prämorbidem Intelligenz. Als Leistungsmaß wurde die Anzahl korrekt markierter Worte gewertet.

d2: Aufmerksamkeits-Belastungs-Test d2 (Brickenkamp, 1994). Der d2 besteht aus 14 Zeilen mit jeweils 47 Buchstaben („d“ und „p“). Jeder Buchstabe ist mit einem bis zu vier Strichen gekennzeichnet. Die Aufgabe des Probanden ist, den Buchstaben „d“, der mit zwei Strichen gekennzeichnet ist, so schnell und genau wie möglich zu markieren. Je Zeile besteht eine Zeitbeschränkung von 20 Sekunden. Gewertet werden die gesamte Anzahl der bearbeiteten Buchstaben, die Anzahl korrekt markierter Buchstaben und die Fehleranzahl für vergessene und zuviel markierte Buchstaben. Der d2 erfasst Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistungen, insbesondere Daueraufmerksamkeit.

TMT: Trail-Making-Test (Reitan, 1979). Im TMT Version A besteht die Aufgabe darin, 15 mit Zahlen gekennzeichnete Punkte so schnell wie möglich der Reihe nach mit einem Stift abzufahren. In der Version B sind die 15 Punkte entweder durch Zahlen oder durch die Buchstaben A bis G gekennzeichnet. Der Proband hat die Aufgabe

die Punkte der Reihe nach, abwechselnd zwischen Zahlen und Buchstaben, zu verbinden (von 1 zu A zu 2 zu B...). Gemessen wird in beiden Durchgängen die benötigte Bearbeitungszeit. Das Verhältnis der Zeiten beider Durchgänge wird als ein Maß für das Arbeitsgedächtnis gesehen.

Figurales Gedächtnis: Diese Aufgabe wurde dem Wechsler Gedächtnis Test - Revidierte Fassung (Härting et al., 2000) entnommen. Das zu lernende Stimulusmaterial besteht aus Rechtecken mit unterschiedlich angeordneten Füllmustern. Im ersten Durchgang wird ein Rechteck für fünf Sekunden gelernt und muss anschließend aus drei ähnlichen Rechtecken wiedererkannt werden. In drei weiteren Durchgängen werden jeweils drei Rechtecke für 15 Sekunden je Durchgang gezeigt. Unmittelbar nach jedem Durchgang sollen die gelernten Rechtecke aus neun Vorgaben wiedererkannt werden. Gewertet wird die Anzahl korrekt wieder erkannter Muster.

Verbales Gedächtnis: Die beiden verbalen Gedächtnisaufgaben wurden der Alzheimer's Disease Assessment Scale (ADAS, Rosen, Mohs, Davis, Ihl & Weyer, 1993) entnommen.

- *Freie Reproduktion:* 10 Worte werden für jeweils zwei Sekunden in unmittelbarer Abfolge präsentiert. Der Proband hat die Aufgabe die Worte laut vorzulesen und sich gut einzuprägen. Direkt nach der Lernphase wird der Proband aufgefordert, möglichst viele Worte wiederzugeben ohne auf die Reihenfolge achten zu müssen. Die gesamte Anzahl korrekt reproduzierter Worte dient als Leistungsmaß.

- *Wort-Wiedererkennen:* Wie in der Aufgabe „Freie Reproduktion“ werden 12 Worte für jeweils zwei Sekunden gezeigt, vom Probanden laut vorgelesen und eingepägt. Anschließend werden die gelernten Worte mit 12 weiteren Worten hintereinander dargeboten, mit der Instruktion für jedes Wort anzugeben, ob es sich in der zuvor gelernten Liste befand. Gezählt wird die Anzahl nicht korrekt wieder erkannter Worte.

Benennen: Diese Aufgabe entstammt dem ADAS (Rosen et al., 1993) und besteht aus 12 Bilder von einfachen Gegenständen (Kamm, Trillerpfeife, ...), die vom Probanden benannt werden sollen. Die falsche oder fehlende Benennung eines Gegenstandes wird als Fehler gewertet.

3.3.3.2.2. *Psychopathologische Befunderhebung*

Ebenfalls im Anschluss an die Untersuchung wurde bei der Patientenpopulation die aktuelle Symptomatik der Erkrankung durch ein Interview erfasst (SCI-PANSS; Kay, Opler & Fiszbein, 1999) und in den Skalen „Brief Psychiatric Rating Scale“ (BPRS)

und „Positive and Negative Syndrom Scale“ (PANSS) quantifiziert. In beiden Skalen werden verschiedene Symptome auf einer Skala von 1 bis 7 nach ihrer Intensität eingeschätzt, und der Summenwert berechnet. In der BPRS werden insgesamt 18 Bereiche erfragt. In der PANSS werden 30 Bereiche erfasst, die weiter unterteilt werden in eine „Plus-Skala“ mit 7 Themenbereichen (Wahnvorstellungen, Formale Denkstörungen, Halluzinationen, Erregung, Größenwahn, Verfolgungswahn, Feindseligkeit), eine „Minus-Skala“ mit 7 Bereichen (Affektverarmung, emotionale Isolation, Kontaktmangel, passiv-apathische Isolation, vermindertes abstraktes Denkvermögen, mangelnde Spontaneität und Gesprächsfähigkeit, stereotypes Denken) und eine „Psychopathologische Globalskala“ mit 16 Bereichen (Leibliche Befindlichkeitsstörung, Angst, Schuldgefühle, Gespanntheit, Manieriertheit, Depression, verlangsamte Motorik, Unkooperativität, ungewöhnliche Denkinhalte, Desorientierung, Aufmerksamkeitsschwäche, verminderte Urteils- und Einsichtsfähigkeit, gestörte Willensbildung, mangelnde Impulskontrolle, Selbstbezogenheit, aktive soziale Meidung).

3.3.3.2.3. Versuchspersonen

22 Patienten (17 Männer, 5 Frauen) mit einer ICD-10 Diagnose Schizophrenie (F20.0 - F20.3) hatten genügend artefaktfreie EEG-Epochen und wurden im Weiteren mit einer dem Geschlecht, dem Alter und der Schulbildung angepassten gesunden Stichprobe verglichen (siehe Tabelle 40). Von den 22 als schizophren diagnostizierten Patienten erhielten 6 (27.3%) keine neuroleptische Medikation, 3 (13.6%) typische, 8 (36.4%) atypische und 5 (22.7%) sowohl typische als auch atypische Neuroleptika. Im Durchschnitt erhielten die medizierten Patienten eine Tagesdosis von 490.34 ± 477.98 Chlorpromazin-Äquivalenten (CPÄ). In der Symptomatik wurden die Patienten in der BPRS mit 31.95 ± 7.29 Punkten und in der PANSS mit 51.81 ± 11.41 Punkten bewertet (positive Symptomatik 10.67 ± 3.17 ; negative Symptomatik 17.10 ± 5.98 ; allgemeine Symptomatik 24.10 ± 4.65). Von den Patienten litten 9 (40.9%) unter einer paranoiden, 9 (40.9%) an einer hebephrenen und 3 (13.6%) an einer katatonen Schizophrenie nach ICD-10, jeweils 11 gehörten der Untergruppe der „systematischen“ und „unsystematischen“ Schizophrenien nach dem Klassifikationssystem nach Leonhard (1991) an.

Die Diagnosestellung erfolgte durch den jeweiligen Stationsarzt und einen weiteren, unabhängigen Arzt der Klinik. Um eine reliable diagnostische Zuordnung der Patienten zu gewährleisten, wurde bei der Auswahl der Patienten in die Studie

darauf geachtet, dass die Patientencharakteristika eine klare diagnostische Entscheidung erlaubten. Die Untersuchungen fanden in einer Phase stabiler (mindestens zwei Wochen) psychopathologischer Symptomatik und medikamentöser Behandlung statt. Die Versuchspersonen wurden mündlich und schriftlich umfassend über den Versuch aufgeklärt und unterschrieben eine Einwilligungserklärung.

Zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der durch den MWT geschätzten Intelligenz ($t[42] = 0.33$; $p = 0.75$). Im Aufmerksamkeitsbelastungstest d2 war sowohl die Anzahl der insgesamt bearbeiteten Items ($t[40] = 2.08$; $p < 0.05$) als auch die Anzahl der richtig markierten Items ($t[41] = 2.62$; $p < 0.05$) bei der Patientenstichprobe geringer als in der Kontrollgruppe, allerdings ergaben sich keine Unterschiede in der Anzahl der Fehler. Auch im TMT zeigte sich eine Verlangsamung der Patienten sowohl in Version A ($t[35] = -3.82$; $p < 0.001$) als auch in Version B ($t[36] = -2.78$; $p < 0.01$), das Verhältnis beider Zeiten war bei den Patienten aber nicht verschlechtert ($t[38] = -0.57$; $p = 0.57$). Die Wiedererkennung sowohl figuraler ($t[42] = 2.38$; $p < 0.05$) als auch verbaler Stimuli ($t[28] = -3.85$; $p < 0.001$) gelang den Patienten deutlich schlechter als der Kontrollgruppe, keine Unterschiede ergaben sich in der freien Reproduktion verbaler Stimuli oder im einfachen Benennen von Gegenständen.

Der Untergruppe der paranoiden Schizophrenen gehörten acht Männer und eine Frau mit einem mittleren Alter von 33.1 ± 8.6 Jahren an, der Gruppe der nicht-paranoiden schizophrenen Patienten acht Männer und vier Frauen mit einem mittleren Alter von 29.9 ± 8.3 Jahren. Nicht-paranoide Patienten erzielten im d2 eine höhere Gesamtzahl bearbeiteter (nicht paranoid: $m = 435.1 \pm 73.7$; paranoid: $m = 359.0 \pm 53.6$; $t[18] = 2.50$; $p < 0.05$) und richtig markierter Items (nicht paranoid: $m = 161.4 \pm 39.6$; paranoid: $m = 122.9 \pm 32.9$; $t[18] = 2.31$; $p < 0.05$) und eine geringere Minussymptomatik im PANSS (nicht paranoid: $m = 19.5 \pm 5.2$; paranoid: $m = 13.9 \pm 6.0$; $t[19] = -2.33$; $p < 0.05$) als paranoide schizophrene Patienten.

Tabelle 40. Stichprobenbeschreibung und kognitive Leistung

		Gesunde Kontrollgruppe	Schizophrene Patienten	t	df	p
	Anzahl	22	22			
	Geschlecht	17 m 5 w	17 m 5 w			
	Alter in Jahre	31.86 ± 11.01	31.73 ± 8.42	0.05	42	0.96
	Schuljahre	9.95 ± 1.36	10.29 ± 1.71	-0.70	38 _k	0.49
Fehler	Gesichter (6)	0.05 ± 0.21	0.05 ± 0.21	0.00	42	1.00
	Neutral: korrekt (4)	3.86 ± 0.47	2.50 ± 1.66	3.72	24	0.001
	Neutral: Fehler (4)	0.14 ± 0.47	0.68 ± 1.29	-1.87	26 _k	0.07
	Emotion: Fehler (12)	3.45 ± 1.99	4.32 ± 2.39	-1.31	42	0.20
MWT	Anzahl	29.55 ± 6.38	29.00 ± 4.60	0.33	42	0.75
d2	Gesamtzahl	460.32 ± 92.41	407.14 ± 74.25	2.08	40 _k	0.04
	Auslassungen	16.73 ± 14.10	22.10 ± 23.33	-0.91	33 _k	0.37
	falsche Alarmer	0.45 ± 0.80	1.10 ± 1.67	-1.59	28 _k	0.12
	richtig markierte	178.27 ± 39.45	146.67 ± 39.56	2.62	41	0.02
TMT	Version A	12.64 ± 3.67	18.27 ± 5.87	-3.82	35 _k	0.001
	Version B	27.18 ± 12.29	40.41 ± 18.58	-2.78	36 _k	0.01
	Verhältnis B/A	2.17 ± 0.74	2.33 ± 1.06	-0.57	38 _k	0.57
Gedächtnis	Figural	7.41 ± 1.71	6.00 ± 2.18	2.38	42	0.02
	Verbal FR	4.45 ± 2.09	4.86 ± 1.93	-0.67	42	0.50
	Verbal WE	0.55 ± 0.60	1.86 ± 1.49	-3.85	28 _k	0.001
Benennen	Fehler	0.50 ± 1.22	0.50 ± 0.91	0.00	39 _k	1.00

Anmerkung: t = t-Wert des t-Tests für unabhängige Stichproben; df = Anzahl der Freiheitsgrade; _k = korrigierte Freiheitsgrade aufgrund ungleicher Varianzen nach Levene-Test; p = Irrtumswahrscheinlichkeit; F20.x = als schizophren diagnostizierte Patienten nach ICD-10; Fehler = Anzahl Fehler im EEG-Paradigma: Gesichter = Paradigma Gesichterpeak; Paradigma negative Gesichtsausdrücke: Neutral: korrekt = Anzahl der korrekten Bezeichnungen in der neutralen Bedingung; Neutral: Fehler = Anzahl der fehlerhaften Bezeichnungen in der neutralen Bedingung; Emotion: Fehler = Anzahl der fehlerhaften Bezeichnungen in der emotionalen Bedingung (in Klammern Anzahl der maximalen Werte); MWT = Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest: Anzahl richtig erkannter Worte; d2 = Aufmerksamkeits-Belastungs-Test; Gesamtzahl = Anzahl bearbeiteter Items; Auslassungen = Anzahl nicht markierter richtiger Items; falsche Alarmer = Anzahl markierter falscher Items; richtig markierte = Anzahl richtig markierter Items; TMT = Trail-Making-Test; Verhältnis B/A = benötigte Zeit in Version B dividiert durch benötigte Zeit in Version A; Gedächtnis: Figural = Anzahl korrekt wieder erkannter Figuren; Verbal FR = freie Reproduktion; Anzahl der wiedergegebenen Wörter; Verbal WE = Wiedererkennen; Anzahl der nicht wiedererkannten Wörter; Benennen = Anzahl nicht benannter Bilder.

3.3.3.2.4. Erfassung der Leistung und Segmentierung

Sowohl die gesunde Kontrollgruppe als auch die schizophrenen Patienten führten das EEG-Paradigma „Gesichterpeak“ nahezu ohne Fehler durch. Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ gaben die schizophrenen Patienten in der neutralen Bedingung tendenziell häufiger einen emotionalen Gesichtsausdruck an ($t[26] = -1.87$; $p < 0.1$; non-parametrisch: $Z = -1.87$; $p < 0.1$), unterschieden sich jedoch nicht signifikant in der Anzahl der Fehler während der Emotionserkennungsaufgabe ($t[42] = -1.31$; $p = 0.20$; non-parametrisch: $Z = -1.15$; $p = 0.25$).

Für die Bestimmung des Gesichterpeaks wurde die maximal negative Amplitude im Zeitfenster von 113 ms bis 230 ms über den Elektrodenpositionen T5 und T6 sowohl für die gesunde Kontrollgruppe als auch die Patientenstichprobe bestimmt. Die Segmentgrenzen für die topographische Analyse lagen bei 83.6 ms, 138.3 ms, 189.1 ms und 259.4 ms für die gesunde Kontrollgruppe und bei 87.5 ms, 134.4 ms, 189.1 ms und 310.2 ms für die Gruppe der Patienten.

Die Segmentierung im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ wurde wie in der Auswertung der gesamten gesunden Stichprobe auch bei den Patienten durchgeführt.

3.3.3.3. Ergebnisse

3.3.3.3.1. Verarbeitung von Gesichtern

- Einzelelektroden

Für die Amplituden der N170-Komponente (siehe Tabelle 41) ergab sich ein signifikanter Haupteffekt Bedingung ($F[1,42] = 180.2$; $p < 0.00001$) und ein signifikanter Haupteffekt Diagnose ($F[1,42] = 9.4$; $p < 0.01$), sowie eine tendenziell signifikante Interaktion Bedingung x Diagnose ($F[1,42] = 3.89$; $p = 0.06$) und Bedingung x Elektrodenposition ($F[1,42] = 2.88$; $p < 0.1$). Der Haupteffekt Diagnose erklärt sich durch eine signifikant stärker ausgeprägte N170 Komponente bei der Kontrollgruppe im Vergleich zur Patientengruppe sowohl für die Gesichter (T5: $t[42] = -3.24$; $p < 0.01$; T6: $t[38] = -2.68$; $p < 0.01$) als auch für Gebäude (T5: $t[42] = -2.67$; $p < 0.05$; T6: $t[42] = -2.05$; $p < 0.05$). Zur Aufklärung der Interaktion Bedingung x Diagnose wurde die mittlere Differenz der N170-Komponente zwischen Gesichtern und Gebäuden für T5 und T6 zwischen den Gruppen verglichen. Es zeigt sich eine tendenziell stärkere Negativierung bei der Kontrollgruppe ($m = -2.20 \pm 1.03$; $t[42] = -1.97$; $p = 0.06$) im Vergleich zur Patientengruppe ($m = -1.64 \pm 0.86$). Die Interaktion

Bedingung x Elektrodenposition klärt sich durch eine tendenziell geringere Negativierung auf Gesichter im Vergleich zu den Gebäuden über der Elektrodenposition T5 ($m = -1.72 \pm 1.15$; $t[43] = 1.72$; $p < 0.1$) im Vergleich zur Elektrodenposition T6 ($m = -2.11 \pm 1.30$) in beiden Versuchsgruppen auf.

Für die Latenzen der N170 Komponente ergibt sich ein signifikanter Haupteffekt Bedingung ($F[1,42] = 6.27$; $p < 0.05$) und eine tendenziell signifikante dreifache Interaktion Bedingung x Elektrodenposition x Diagnose ($F[1,42] = 3.75$; $p = 0.06$). Die getrennte Betrachtung der Latenzunterschiede der N170 Komponente auf Gesichter und Gebäude für die beiden Elektrodenpositionen T5 und T6 für beide Versuchsgruppen ergab, dass nur die Latenzen für die Elektrodenposition T6 für die Patienten zwischen den Bedingungen signifikant unterschiedlich sind ($t[21] = 3.09$; $p < 0.01$), mit höheren Latenzen auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollreizen.

Der Verlauf der EKPs ist in Abbildung 39 dargestellt.

Tabelle 41. Amplituden (in μV) und Latenzen (in ms) des Gesichterpeaks über den Elektrodenpositionen T5 und T6 für schizophrene Patienten und die Kontrollgruppe

		Kontrollgruppe		Patienten	
		Gesichter	Gebäude	Gesichter	Gebäude
Amplitude	T5	-3.37 ± 1.75	-1.34 ± 1.31	-1.93 ± 1.13	-0.51 ± 1.10
	T6	-3.58 ± 2.10	-1.21 ± 1.99	-2.00 ± 1.81	-0.14 ± 1.43
Latenz	T5	165.8 ± 16.2	160.0 ± 13.1	163.0 ± 9.5	163.7 ± 22.5
	T6	160.2 ± 10.4	159.3 ± 12.6	167.3 ± 16.2	156.6 ± 10.8

Die Betrachtung der Differenzen der N170-Amplitude auf Gesichter minus Gebäude als Maß der Gesichtsverarbeitung für jede Einzelperson (siehe Abbildung 40) zeigt, dass die tendenziellen Unterschiede zwischen den Gruppen nicht durch einzelne Personen bedingt sind, sondern, dass die Verteilung der Differenzen besonders über T5 in der Gruppe der Patienten durchschnittlich in Richtung positiv verschoben ist.

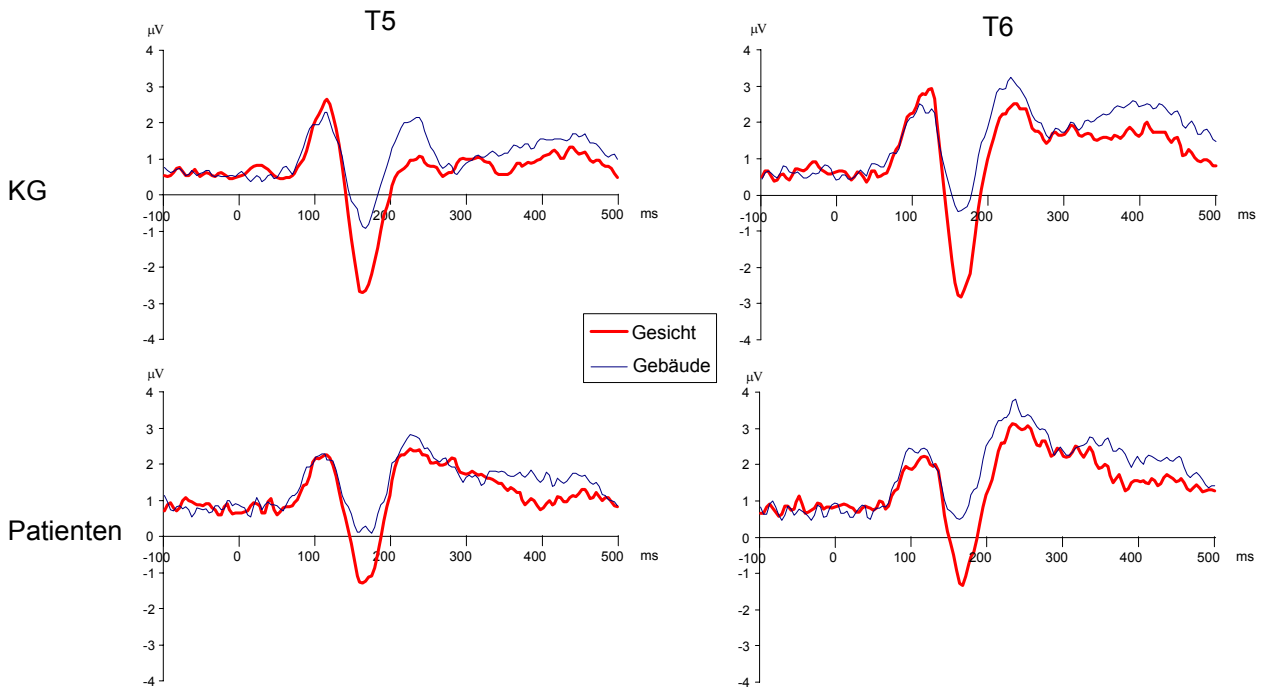


Abbildung 39. Verlauf der EKP im Gesichterpeakparadigma über T5 und T6 für die Kontrollgruppe und die schizophrenen Patienten

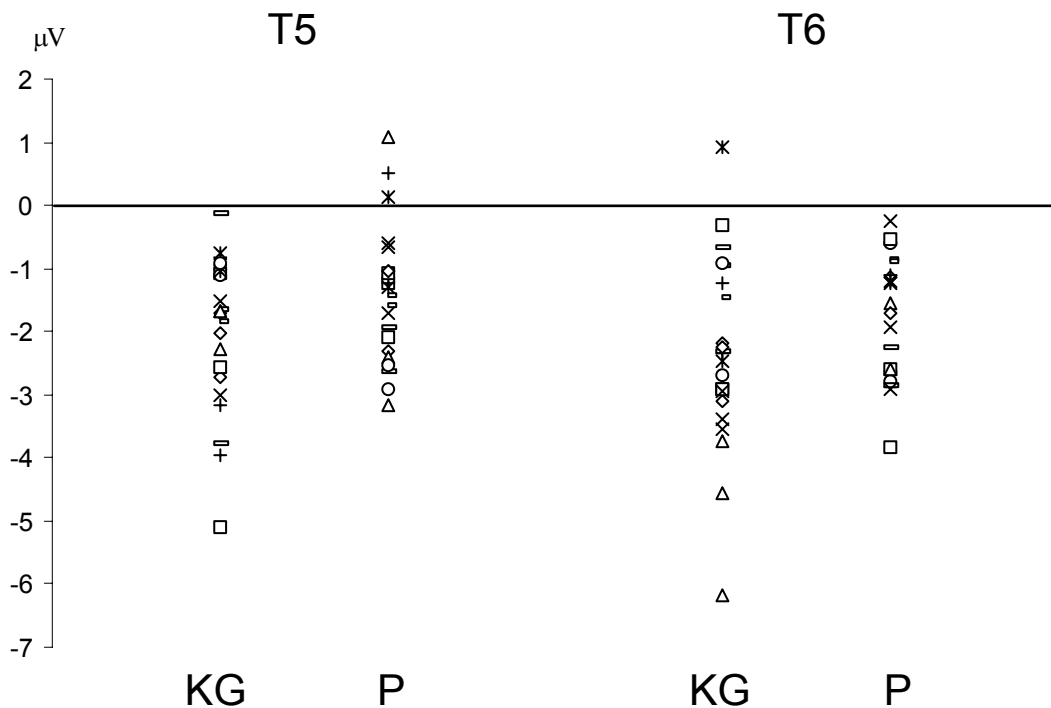


Abbildung 40. Differenzen der N170-Komponente (Gesichter minus Gebäude) über den Elektrodenpositionen T5 und T6 für jede Person der Kontrollgruppe (KG) und der schizophrenen Patienten (P).

- topographische Auswertung

Sowohl im ersten ($F[1,42] = 32.5$; $p < 0.001$) als auch zweiten Segment ($F[1,42] = 110.7$; $p < 0.001$) zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt Bedingung für die Stärke der GFP mit höheren GFP-Werten auf Gesichter im Vergleich zu Gebäuden. Im zweiten Segment ergab sich zusätzlich ein signifikanter Haupteffekt Bedingung ($F[1,42] = 5.78$; $p < 0.05$) für die Lokalisation des negativen Centroiden in der anterior-posterior Richtung mit weiter posterioren Centroid-Lokalisationen für die Gesichter als für die Gebäude-Bilder. Im Weiteren ergaben sich keine signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen (siehe Tabelle 42).

Tabelle 42. Topographische Effekte im Paradigma „Gesichterpeak“ über 3 Segmente der 3. Untersuchung bei Gesunden und Patienten

Seg.	Variable	Kontrollgruppe		Patienten		ANOVA		
		Gesicht m ± sd	Gebäude m ± sd	Gesicht m ± sd	Gebäude m ± sd	G	B	GxB
1	Latenz	116.6 ± 13.8	118.6 ± 13.9	117.5 ± 9.6	114.5 ± 10.2	0.23	0.14	3.08
	GFP	1.82 ± 0.62	1.38 ± 0.42	1.63 ± 0.54	1.37 ± 0.53	0.41	32.5***	2.10
	CX+	2.97 ± 0.34	2.98 ± 0.41	2.95 ± 0.40	2.99 ± 0.33	0	0.24	0.08
	CY+	4.06 ± 0.92	3.88 ± 0.97	3.87 ± 1.13	3.85 ± 1.13	0.14	0.70	0.53
	CX-	3.07 ± 0.21	3.08 ± 0.29	2.96 ± 0.25	3.02 ± 0.22	2.12	0.62	0.22
	CY-	2.50 ± 1.01	2.78 ± 1.07	2.57 ± 1.06	2.45 ± 0.98	0.22	0.38	2.47
2	Latenz	161.0 ± 11.5	160.6 ± 14.5	158.7 ± 15.5	157.3 ± 17.9	0.53	0.15	0.05
	GFP	2.30 ± 0.53	1.52 ± 0.51	2.04 ± 0.63	1.45 ± 0.60	1.07	110.7***	2.06
	CX+	3.06 ± 0.17	3.09 ± 0.23	3.02 ± 0.18	2.97 ± 0.38	1.58	0.01	0.69
	CY+	2.36 ± 0.66	2.57 ± 0.88	2.59 ± 1.03	2.79 ± 1.03	0.77	2.92	0.00
	CX-	3.01 ± 0.25	2.92 ± 0.28	3.02 ± 0.26	3.02 ± 0.28	0.97	0.85	0.81
	CY-	4.23 ± 0.67	3.92 ± 0.92	3.97 ± 0.99	3.57 ± 1.22	1.49	5.78*	0.08

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie die topographische Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+= Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+= Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. ANOVA: Varianzanalyse mit den F- Werten für den Haupteffekt Bedingung B (Gesicht-Gebäude), den Haupteffekt Gruppe G (Kontrollgruppe-Patienten) und die Interaktion Bedingung x Gruppe B x G; $df=1,42$; Seg. = Segment. * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$.

- Zusammenhang zwischen den elektrophysiologischen Parametern der Gesichtsverarbeitung und der Symptomatik und der kognitiven Leistung

Die mittlere Amplitudendifferenz über T5 und T6 zwischen Gesichtern und Gebäuden unterschied sich nicht zwischen paranoiden Schizophrenen ($n = 9$; $m = -1.57 \pm 0.84$)

und nicht-paranoiden Schizophrenen ($n = 12$; $m = -1.58 \pm 0.86$; $t[19] = 0.02$; $p = 0.99$). Ebenfalls ergaben sich keine signifikanten Korrelationen der mittleren Amplitudendifferenz über T5 und T6 zwischen Gesichtern und Gebäuden mit der Anzahl der stationären Aufenthalte ($r = 0.02$; $p=0.94$), der Stärke der neuroleptischen Medikation in Chlorpromazinäquivalenten ($r = 0.18$; $p = 0.43$) und der eingeschätzten Symptomatik (BPRS: $r = 0.18$; $p = 0.44$; PANSS gesamt: $r = 0.06$; $p = 0.78$; PANSS positive Symptome: $r = 0.16$; $p = 0.50$; PANSS negative Symptome: $r = 0.02$; $p = 0.92$; PANSS allgemeine Symptome: $r = 0.01$; $p = 0.97$).

Es besteht sowohl für die Gruppe der gesunden Personen als auch der schizophrenen Patienten kein Zusammenhang der elektrophysiologischen Maße für die Gesichtsverarbeitung (mittlere Amplitudendifferenz über T5 und T6 zwischen Gesichtern und Gebäuden; je negativer, desto stärker der Unterschied in den Amplituden) mit dem Alter, der Schulbildung oder dem Großteil der untersuchten Bereiche der kognitiven Leistung (Tabelle 43).

In der gesunden Kontrollgruppe ergaben sich signifikante negative Korrelationen zwischen dem elektrophysiologischen Maß der Gesichtsverarbeitung mit der Anzahl korrekt wieder erkannter figuraler Muster ($r = -0.50$; $p < 0.05$) und mit der Anzahl nicht richtig wieder erkannter Worte ($r = -0.43$; $p < 0.05$). In der gesunden Kontrollgruppe ist somit die Differenz in den Amplituden auf Gesichter und Kontrollreize stärker ausgeprägt, bei höherer Leistung im Wiedererkennen von figuralem Stimulusmaterial und bei einer geringeren Leistung im Wiedererkennen von Worten. In der Gruppe der schizophrenen Patienten zeigt sich ein negativer Zusammenhang ($r = -0.45$; $p < 0.05$) mit der Gesamtzahl der im d2 bearbeiteten Items. Die Differenz zwischen den Amplituden auf Gesichter und Gebäude ist somit höher, je mehr Items im d2 bearbeitet wurden.

Tabelle 43. Zusammenhang zwischen den elektrophysiologischen Parametern der Gesichtsverarbeitung und der kognitiven Leistung

		Gesunde Kontrollgruppe		Schizophrene Patienten	
		r	p	r	p
	Alter in Jahre	0.40	0.06	0.16	0.49
	Schuljahre	0.05	0.84	0.02	0.93
Fehler	Gesichter	0.04	0.85	0.07	0.76
MWT	Anzahl	-0.06	0.81	-0.10	0.65
d2	Gesamtzahl	0.06	0.79	-0.45	0.04
	Auslassungen	0.33	0.13	-0.06	0.80
	falsche Alarme	-0.13	0.57	0.05	0.84
	richtig markierte	-0.06	0.78	-0.28	0.23
TMT	Version A	0.26	0.24	0.14	0.55
	Version B	0.28	0.20	-0.20	0.37
	Verhältnis B/A	0.20	0.37	-0.31	0.16
Gedächtnis	Figural	-0.50	0.02	-0.10	0.66
	Verbal FR	-0.29	0.19	0.14	0.54
	Verbal WE	-0.43	0.05	0.05	0.82
Benennen	Fehler	-0.04	0.86	-0.11	0.64

Anmerkung: r = Pearson-Korrelationskoeffizient; p = Irrtumswahrscheinlichkeit; Fehler = Anzahl Fehler im EEG-Paradigma: Gesichter = Paradigma Gesichterpeak; MWT = Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest: Anzahl richtig erkannter Worte; d2=Aufmerksamkeits-Belastungs-Test; Gesamtzahl = Anzahl bearbeiteter Items; Auslassungen = Anzahl nicht markierter richtiger Items; falsche Alarme = Anzahl markierter falscher Items; richtig markierte = Anzahl richtig markierter Items; TMT = Trail-Making-Test; Verhältnis B/A = benötigte Zeit in Version B dividiert durch benötigte Zeit in Version A; Gedächtnis: Figural = Anzahl korrekt wieder erkannter Figuren; Verbal FR = freie Reproduktion; Anzahl der wiedergegebenen Wörter; Verbal WE = Wiedererkennen; Anzahl der nicht wiedererkannten Wörter; Benennen = Anzahl nicht benannter Bilder.

3.3.3.3.2. Dekodierung negativer Gesichtsausdrücke

- Einzelelektroden

Sowohl im Zeitsegment P3 als auch P4 ergab sich eine signifikante Interaktion Bedingung x Diagnose (P3: $F[1,42] = 5.0$; $p < 0.05$; P4: $F[1,42] = 12.1$; $p < 0.001$). Des Weiteren zeigte sich für P4 ein signifikanter Haupteffekt Diagnose ($F[1,42] = 5.1$, $p < 0.05$). Die statistischen Kennwerte sind in Tabelle 44 wiedergegeben

Tabelle 44. Amplituden (in μV) der EKPs im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ über der Elektrodenposition Pz für schizophrene Patienten und die Kontrollgruppe

	Kontrollgruppe		Patienten		ANOVA		
	neutral	emotional	neutral	emotional	B	D	B x D
P3	2.14 \pm 0.87	2.60 \pm 0.94	2.86 \pm 1.47	2.72 \pm 1.33	1.5	1.6	5.0*
P4	1.72 \pm 0.70	2.33 \pm 1.16	2.85 \pm 1.40	2.58 \pm 1.01	1.8	5.1*	12.1***

Anmerkungen: Anzahl der Freiheitsgrade = $df = 1,42$; P3 = Zeitfenster P3; P4 = Zeitfenster P4; neutral = EKPs in der Bedingung der neutralen Gesichtsausdrücke; emotional = EKPs in der Bedingung Emotionserkennung der negativen Gesichtsausdrücke; Patienten = als schizophren (ICD-10) diagnostizierte Patienten; ANOVA = Kennwerte der statistischen Auswertung mittels Varianzanalyse; dargestellt sind die F-Werte für den Haupteffekt B = Bedingung, D = Diagnose und die Interaktion B x D = Bedingung x Diagnose; * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$

In der Kontrollgruppe waren die Amplituden auf emotionale Gesichtsausdrücke signifikant höher als auf neutrale Gesichtsausdrücke (P3: $t[21] = 3.37$; $p < 0.01$; P4: $t[21] = 3.78$; $p < 0.001$), während bei schizophrenen Patienten dieser Unterschied nicht zu sehen war (P3: $t[21] = 0.59$; $p = 0.56$; P4: $t[21] = 1.38$; $p = 0.18$). Im Vergleich der beiden Gruppen bewirkten die neutralen Gesichter bei den schizophrenen Patienten höhere Amplituden als bei der Kontrollgruppe (P3: $t[34] = 1.96$, $p = 0.06$; P4: $t[31] = 3.38$; $p < 0.01$). Für die Amplituden auf die emotionalen Gesichtsausdrücke zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen schizophrenen Patienten und der Kontrollgruppe (P3: $t[42] = 0.33$; $p = 0.75$; P4: $t[42] = 0.77$; $p = 0.45$). In Abbildung 41 ist der Verlauf der EKPs dargestellt.

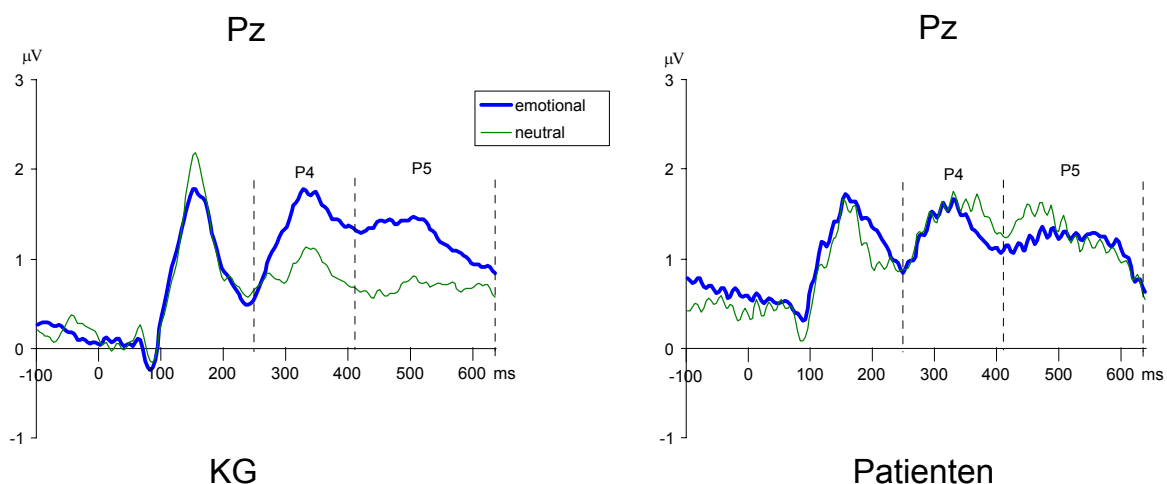


Abbildung 41. Verlauf der EKPs im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ über Pz für die Kontrollgruppe (KG) und die schizophrenen Patienten

Im Vergleich der Amplitudendifferenzen zwischen der emotionalen und der neutralen Bedingung zeigten die Kontrollpersonen signifikant höhere Differenzen als die Patienten sowohl im Zeitraum P3 (Kontrollgruppe: $m = 0.46 \pm 0.64$; Patienten: $m = -0.14 \pm 1.08$; $t[42] = 2.23$; $p < 0.05$) als auch P4 (Kontrollgruppe: $m = 0.61 \pm 0.75$; Patienten: $m = -0.27 \pm 0.92$; $t[42] = 3.47$; $p < 0.001$).

- Verhaltensdaten

Die Personen der Kontrollgruppe ($m = 3.86 \pm 0.47$) gaben signifikant häufiger in der neutralen Baseline Bedingung die korrekte Antwort „neutral“ als die schizophrenen Patienten an ($m = 2.50 \pm 1.66$; $Z = -3.51$; $p < 0.001$). Entsprechend sahen die Patienten ($m = 0.68 \pm 1.29$) in den neutralen Gesichtern tendenziell häufiger einen emotionalen Gesichtsausdruck als die Kontrollgruppe ($m = 0.14 \pm 0.47$; $Z = 1.87$; $p < 0.1$). Fehlende Angaben wurden nicht gewertet. In der Bedingung der Emotionserkennung unterschied sich die Kontrollgruppe ($m = 3.45 \pm 1.99$) nicht signifikant von der Patientengruppe ($m = 4.32 \pm 2.39$; $Z = -1.15$; $p = 0.25$) in der Anzahl der Fehler.

- Zusammenhang zwischen den elektrophysiologischen Parametern der Emotionsverarbeitung und der Symptomatik und der kognitiven Leistung

Paranoid schizophrene Patienten erreichten signifikant höhere Amplituden in der neutralen Bedingung (P3: $t[19] = 2.15$; $p < 0.05$; P4: $t[19] = 2.21$; $p < 0.05$) als nicht-paranoide schizophrene Patienten. In der emotionalen Bedingung unterschieden sich beide Untergruppen nicht signifikant voneinander (P3: $t[19] = 0.28$; $p = 0.78$; P4: $t[19] = 1.67$; $p = 0.11$). Sowohl paranoid schizophrene Patienten (P3: $t[8] = 1.82$; $p = 0.11$; P4: $t[8] = 1.64$; $p = 0.14$) als auch nicht-paranoid schizophrene Patienten (P3: $t[11] = -1.78$; $p = 0.10$; P4: $t[11] = 0.15$; $p = 0.89$) zeigten keine signifikant unterschiedlichen Amplituden zwischen der neutralen und emotionalen Bedingung. Im Vergleich der Amplitudendifferenzen zwischen emotionaler und neutraler Bedingung ergaben sich im Zeitfenster P3 höhere Differenzen für die nicht-paranoiden ($m = 0.36 \pm 0.70$) im Vergleich zu den paranoiden Patienten ($m = -0.76 \pm 1.26$; $t[19] = 2.61$; $p < 0.05$), im Zeitfenster P4 konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (nicht-paranoid: $m = -0.03 \pm 0.79$; paranoid: $m = -0.59 \pm 1.07$; $t[19] = 1.36$; $p = 0.19$). Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Amplituden für beide Gruppen und die beiden Bedingungen sind in Tabelle 45 dargestellt.

Tabelle 45. Amplituden (in μV) im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ über der Elektrodenposition Pz für paranoide und nicht-paranoide schizophrene Patienten

	nicht-paranoid (n=12)		paranoid (n=9)	
	neutral	emotional	neutral	emotional
P3	2.35 \pm 1.31	2.71 \pm 1.24	3.64 \pm 1.43	2.88 \pm 1.50
P4	2.38 \pm 1.38	2.34 \pm 0.93	3.63 \pm 1.15	3.05 \pm 0.99

Anmerkung: P3 = Zeitfenster P3; P4 = Zeitfenster P4; neutral = EKPs in der Bedingung neutrale Gesichtsausdrücke; emotional = EKPs in der Bedingung Emotionserkennung der negativen Gesichtsausdrücke; nicht-paranoid = schizophrene Patienten mit einer hebephrenen oder katatonen Unterform; Paranoid = schizophrene Patienten mit einer paranoiden Unterform

In den Verhaltensdaten zeigte sich weder in der Anzahl der korrekt als neutral bezeichneten „neutralen“ Gesichtsausdrücke (nicht-paranoide Schizophrene: $m = 2.58 \pm 1.68$; paranoide Schizophrene: $m = 2.22 \pm 1.72$; $Z = -0.41$; $p = 0.70$) noch in der fehlerhaften Benennung neutraler Gesichtsausdrücke als emotionale Gesichtsausdrücke (nicht-paranoide Schizophrene: $m = 0.50 \pm 1.17$; paranoide Schizophrene: $m = 1.00 \pm 1.50$; $Z = -0.94$; $p = 0.46$) ein signifikanter Gruppenunterschied zwischen paranoiden und nicht-paranoiden Schizophrenen. Allerdings begehen paranoid schizophrene Patienten ($m = 5.67 \pm 2.50$) mehr Fehler in der Emotionsdekodierung als nicht-paranoide Patienten ($m = 3.42 \pm 1.93$; $Z = 2.23$; $p < 0.05$).

Die Stärke der neuroleptischen Medikation geht einher mit höheren Amplituden im P4-Zeitfenster, gleichermaßen für die neutrale ($r = 0.49$; $p < 0.05$) als auch für die emotionale Bedingung ($r = 0.47$; $p < 0.05$). Je häufiger emotionale Beschreibungen für die neutralen Gesichtsausdrücke von den Patienten verwendet wurden, desto höher ist die Amplitude in der neutralen Bedingung im Zeitfenster P3 ($r = 0.44$; $p < 0.05$). Schließlich korreliert die Anzahl der Fehler in der verbalen Wiedererkennungsaufgabe mit der Amplitude im Zeitfenster P4 in der neutralen Bedingung ($r = 0.43$; $p < 0.05$; siehe Tabelle 46 für die gesamte Darstellung der Zusammenhänge). Die Amplitudendifferenz zwischen den Bedingungen korreliert nur signifikant im Zeitfenster P4 mit den Werten des MWT ($r = 0.44$; $p < 0.05$).

Tabelle 46. Zusammenhang zwischen den elektrophysiologischen Parametern der Emotionsdekodierung und den demographischen Variablen, der kognitiven Leistung und der Symptomatik bei schizophrenen Patienten

		P3				P4			
		Emotional		neutral		Emotional		neutral	
		r	p	r	p	r	p	r	p
Stat. Beh.	Anzahl [§]	0.31	0.20	0.45	0.05	0.16	0.53	0.43	0.07
Medikation	CPÄ	0.18	0.43	0.30	0.17	0.49	0.02	0.47	0.03
	Alter in Jahre	-0.09	0.68	-0.22	0.33	-0.16	0.47	-0.19	0.39
	Schuljahre [§]	0.40	0.07	0.33	0.15	0.42	0.06	0.12	0.61
Paradigma	Neutral: korrekt	-0.07	0.78	-0.31	0.16	-0.14	0.52	-0.20	0.37
	Neutral: Fehler	0.17	0.44	0.44	0.04	0.03	0.88	0.10	0.66
	Emotion: Fehler	-0.02	0.93	0.42	0.05	0.23	0.30	0.29	0.19
MWT	Anzahl	0.02	0.94	-0.22	0.33	0.25	0.25	-0.10	0.65
	d2								
	Gesamtzahl	0.31	0.18	0.11	0.62	0.34	0.13	0.20	0.39
	Auslassungen	0.01	0.98	0.17	0.46	0.11	0.64	0.09	0.69
	falscher Alarm [§]	-0.09	0.71	0.09	0.70	-0.02	0.92	0.11	0.62
	richtig markierte	0.29	0.21	0.01	0.97	0.22	0.34	0.07	0.77
TMT	Version A	0.29	0.19	0.05	0.83	-0.10	0.66	-0.18	0.41
	Version B	0.12	0.60	0.27	0.23	0.11	0.62	0.23	0.31
	Verhältnis B/A	-0.12	0.58	0.14	0.54	0.16	0.49	0.22	0.32
Gedächtnis	Figural	-0.09	0.68	-0.09	0.69	0.10	0.67	-0.13	0.58
	Verbal FR	-0.07	0.76	-0.17	0.46	-0.27	0.22	-0.25	0.26
	Verbal WE	0.38	0.08	0.34	0.13	0.34	0.12	0.43	0.04
Benennen	Fehler [§]	0.18	0.43	0.36	0.10	0.12	0.61	0.29	0.19
Symptomatik	BPRS	0.02	0.94	-0.03	0.90	-0.06	0.79	0.04	0.85
	PANSS	-0.14	0.56	-0.16	0.48	-0.12	0.61	0.04	0.88
	PANSS: positiv	-0.07	0.78	-0.01	0.97	0.18	0.45	0.20	0.39
	PANSS: negativ	-0.06	0.80	-0.23	0.31	-0.25	0.27	-0.10	0.67
	PANSS: allgemein	-0.22	0.35	-0.10	0.68	-0.07	0.75	0.08	0.73

Anmerkung: [§] nicht normalverteilt; r = Pearson-Korrelationskoeffizient, bei [§] Spearman-Korrelationskoeffizient; p = Irrtumswahrscheinlichkeit; Stat. Beh. Anzahl psychiatrischer stationärer Vorbehandlungen; CPÄ = Chlorpromazinäquivalente; Paradigma = Verhaltensdaten im EEG-Paradigma; Neutral: korrekt = Anzahl der korrekten Bezeichnungen in der neutralen Bedingung; Neutral: Fehler = Anzahl der fehlerhaften Bezeichnungen in der neutralen Bedingung; Emotion: Fehler = Anzahl der fehlerhaften Bezeichnungen in der emotionalen Bedingung (in Klammern Anzahl der maximalen Werte); MWT = Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest: Anzahl richtig erkannter Worte; d2 = Aufmerksamkeits-Belastungs-Test; Gesamtzahl = Anzahl bearbeiteter Items; Auslassungen = Anzahl nicht markierter richtiger Items; falscher Alarm = Anzahl markierter falscher Items; richtig markierte = Anzahl richtig markierter Items; TMT = Trail-Making-Test; Verhältnis B/A = benötigte Zeit in Version B dividiert durch benötigte Zeit in Version A; Gedächtnis: Figural = Anzahl korrekt wieder erkannter Figuren; Verbal FR = freie Reproduktion; Anzahl der wiedergegebenen Wörter; Verbal WE = Wiedererkennen; Anzahl der nicht wiederkannten Wörter; Benennen = Anzahl nicht benannter Bilder. BPRS: Brief Psychiatric Rating Scale; PANSS = Positive and negative Syndrom Scale; Gesamtwert: positiv = Unterskala positive Symptomatik; negativ = Unterskala negative Symptomatik; allgemein = Unterskala allgemeine Symptomatik

3.3.3.4. Zusammenfassung und Diskussion des Vergleichs zwischen schizophrener Patienten und der gesunden Kontrollgruppe

Wie erwartet zeigen schizophrene Patienten eine tendenziell geringere spezifische Aktivierung bei der Gesichtsverarbeitung (N170 Komponente) als gesunde Kontrollpersonen. Dies ist in Übereinstimmung mit dem kürzlich bei ersterkrankten schizophrenen Patienten beschriebenen verringerten Volumen des Gyrus Fusiformis (Lee et al., 2002) und der fehlenden Aktivierung des Gyrus Fusiformis gemessen mit fMRI während einer Emotionserkennungsaufgabe (Gur et al., 2002). Der Vorteil der hohen zeitlichen Auflösung der EKPs erlaubt die Aussage, dass sich diese Schwierigkeiten in der Verarbeitung von Gesichtern um 160 ms zeitlich deutlich früher als die Defizite in der Emotionserkennung schizophrener Patienten zwischen 180 ms und 250 ms manifestieren (Streit et al., 2001) und somit zur schlechteren Emotionserkennung schizophrener Patienten beitragen könnten. Die in dieser Untersuchung angedeuteten Defizite schizophrener Patienten in der frühen visuellen Verarbeitung von Gesichtern stehen im Einklang mit generellen Defiziten in der frühen visuellen Verarbeitung (Butler et al., 2001; Doniger, Foxe, Murray, Higgins & Javitt, 2002) schizophrener Patienten.

Allerdings handelt es sich bei dem in dieser Untersuchung beschriebenen Effekt um ein tendenziell signifikantes Ergebnis, dass nur bei der Betrachtung der Amplituden der Einzelelektroden und nicht in der globalen Analyse der hirnelektrischen Aktivität mit Hilfe der GFP zu finden ist. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der hier beschriebene Effekt verringerter Aktivierung bei der Gesichtsverarbeitung nicht sehr ausgeprägt oder nicht für alle Patienten zutreffend ist. Allerdings konnte in der Auswertung weder ein Zusammenhang mit der Symptomatik noch mit den meisten kognitiven Leistungsmaßen gefunden werden. In der Gruppe der schizophrenen Patienten ergab sich nur ein Zusammenhang mit der Gesamtanzahl der im d2 bearbeiteten Items. Diese Korrelation unterstützt die Interpretation, dass der in dieser Untersuchung angedeutete Effekt einer verringerten spezifischen Aktivierung bei der Gesichtsverarbeitung im Rahmen einer generell verschlechterten frühen visuellen Verarbeitung zu interpretieren ist.

Während der Emotionsdekodierung zeigten sich gleichermaßen für beide Gruppen die zuvor bei der gesunden Kontrollgruppe gefundenen positiven Komponenten P3 und P4, ohne signifikante Unterschiede in der Ausprägung zwischen beiden Gruppen. Aufgrund der Interpretation dieser Komponenten als Zeichen einer

allgemeinen kognitiven Aktivierung lässt sich schlussfolgern, dass schizophrene Patienten die Aufgabe mit einem ähnlichen Aufwand durchgeführt haben wie die gesunde Kontrollgruppe. Da sich die Leistung der Emotionsdekodierung der Patienten nicht signifikant von der Kontrollgruppe unterscheidet, kann man weiter annehmen, dass Patienten nicht nur mit gleichem Aufwand sondern auch mit gleichem Erfolg kortikale Areale aktivieren konnten. Dies steht allerdings im Widerspruch zu vielfach zitierten Defiziten schizophrener Patienten in der Emotionserkennung. Eine mögliche Erklärung ist, dass im Paradigma nur 12 Gesichtsausdrücke abgefragt wurden und somit nur ein ungenauer Wert für die Leistung der Emotionsdekodierung erfasst werden konnte.

In der passiven Betrachtung der neutralen Gesichtsausdrücke zeigte sich, wie erwartet, eine signifikant höhere Amplitude in der Gruppe der Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe. Entsprechend dieser erhöhten kortikalen Aktivierung begingen die Patienten signifikant mehr Fehler in der neutralen Bedingung und gaben tendenziell häufiger einen emotionalen Gesichtsausdruck in der neutralen Bedingung an. Diese Befunde stimmen mit Vorbefunden überein (Heimberg et al., 1992; Schneider et al., 1995), die eine erhöhte Fehleranzahl bei der Bearbeitung neutraler Gesichtsausdrücke bei schizophrenen Patienten beschrieben haben. Die erhöhte Aktivierung in der neutralen Bedingung spricht dafür, dass die Patienten aktiv versuchen, Informationen in den dargebotenen Gesichtern zu finden. Die Tatsache, dass die schizophrenen Patienten in dieser neutralen Bedingung tendenziell häufiger als gesunde Personen einen emotionalen Gesichtsausdruck angeben spricht dafür, dass die Patienten Informationen bezüglich des emotionalen Ausdrucks der Personen suchen. Ein weiterer interessanter Aspekt zur Interpretation dieser Befunde ergab sich bei genauerer Betrachtung der diagnostischen Untergruppen. Die erhöhte kortikale Aktivierung in der neutralen Bedingung wurde, wie der Vergleich der Untergruppen gezeigt hat, besonders durch die Patienten mit einer paranoiden Schizophrenie bedingt. Paranoid schizophrene Patienten erreichen signifikant höhere Amplituden in der neutralen Bedingung im Vergleich zu den nicht-paranoiden Patienten, unterschieden sich jedoch nicht in der Bedingung der Emotionsdekodierung voneinander. Möglicherweise spiegelt sich hierin die in der Symptomatik beobachtbare Tendenz paranoid schizophrener Patienten wider, Informationen der Umgebung weiter zu deuten als tatsächlich vorhanden. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen in der kortikalen Aktivierung fanden sich in der

verbal geäußerten Einschätzung des dargebotenen Bildmaterials in der neutralen Bedingung keinerlei signifikante Unterschiede zwischen paranoiden und nicht-paranoiden Patienten. Auch unterliefen paranoid schizophränen Patienten signifikant mehr Fehler in der Emotionsdekodierung als nicht paranoid schizophränen Patienten. Dies steht im Widerspruch zu Vorbefunden, die ein stärkeres Defizit in der Emotionsdekodierung bei nicht-paranoiden Schizophrenen im Vergleich zu paranoid schizophränen Patienten nachgewiesen haben (Kline et al., 1992; Lewis & Garver, 1995). Diese Diskrepanz mit Vorbefunden ist ähnlich wie die fehlenden Defizite in der Emotionsdekodierung schizophrener Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe ein Indiz dafür, dass entweder die Patientenstichprobe nicht repräsentativ für die Patientenpopulation war oder, dass sich die Aufgabe der Emotionsdekodierung in dieser Untersuchung von den Aufgaben in den publizierten Studien unterscheidet. In dieser Untersuchung wurden die Gesichter vielfach wiederholt präsentiert und erst im Verlauf der wiederholten Darbietung wurden die Emotionsausdrücke der Gesichter erfragt. Dies kann möglicherweise dazu geführt haben, dass die Patienten das Stimulusmaterial so gut analysieren konnten, dass im Vergleich zur Kontrollgruppe kein Defizit aufzufinden war. Ebenso könnte die wiederholte Präsentation der Gesichter bei den paranoid schizophränen Patienten dazu geführt haben, dass sie im Verlauf der Untersuchung durch ein verstärktes Suchen nach Informationen immer unsicherer in ihrem Urteil wurden und so schließlich mehr Fehler als die nicht-paranoiden Patienten begangen.

3.3.4. Untergruppenbetrachtung schizophrener Patienten nach dem Klassifikationssystem von Leonhard

Das Klassifikationssystem nach Leonhard hat sich sowohl bezüglich therapeutischer als auch ätiologischer Fragestellungen (Stoeber, 2001) als ein sinnvolles System erwiesen. Auch im Bereich der funktionellen Messung der Gehirnaktivität ergaben sich interessante Aspekte, besonders im Vergleich von Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ mit den sogenannten „Kernschizophrenien“, der „systematischen“ und „unsystematischen“ Schizophrenien. Während Patienten mit „Kernschizophrenien“ sowohl in einem Aufmerksamkeitsparadigma (Strik et al., 1993) als auch in einem Paradigma zur motorischen Hemmung (Fallgatter & Müller, 2001) signifikant verringerte kortikale Aktivierungen aufweisen, konnte bei Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ eine Überaktivierung in einem Aufmerksamkeitsparadigma (Strik, Fallgatter, Stoeber, Franzek & Beckmann, 1996) oder eine normale Aktivität in einem inhibitorischen Paradigma (Ehli et al., zur Publikation eingereicht) beschrieben werden. Im Bezug auf die Gesichtsverarbeitung und die Emotionserkennung liegen bisher keinerlei Erkenntnisse bei Patienten vor, die nach dem System von Leonhard diagnostiziert wurden.

3.3.4.1. Fragestellung

Welche Unterschiede ergeben sich zwischen Patienten der Untergruppe der „systematischen“, „unsystematischen“ Schizophrenien und „Zykloiden Psychosen“ sowohl untereinander als auch im Vergleich zu einer gesunden Stichprobe in der neuropsychologischen Leistung, der Gesichtsverarbeitung und der Emotionsdekodierung?

3.3.4.2. Methode

Wie in der vorangegangenen Auswertung wurde eine mittlere Ausprägung der P3 und P4 Komponente für die Emotionsdekodierung durch Mittelung der Einzelamplituden bei „Ärger“, „Ekel“ und „Furcht“ berechnet. Da sich die Stichprobenumfänge zwischen den Gruppen deutlich unterschieden, wurde statt einer Varianzanalyse das verteilungsfreie Verfahren Kruskal-Wallis-Test zum Vergleich der Gruppen eingesetzt (Bortz, 1993). Zunächst erfolgte ein globaler Vergleich der Kontrollgruppe mit den drei diagnostischen Gruppen, bei signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen wurden die drei diagnostischen Untergruppen der Patienten-Stichprobe gegen die gesunde Kontrollgruppe und untereinander verglichen.

- Stichprobe

Von allen untersuchten Patienten erfüllten 11 Personen die Diagnosekriterien einer „systematischen“ Schizophrenie (9 Männer, 2 Frauen), 17 Personen die Kriterien einer „unsystematischen“ Schizophrenie (12 Männer, 5 Frauen) und 20 Personen die Kriterien einer „Zykloiden Psychose“ (8 Männer, 12 Frauen) nach Leonhard. Im Vergleich dieser drei Untergruppen mit der gesamten gesunden Kontrollgruppe von 36 Personen (19 Männer, 17 Frauen) ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den vier Stichproben bezüglich des Alters ($\chi^2[3]= 1.8$; $p = 0.62$) oder der Dauer der Schulbildung ($\chi^2[3]= 1.1$; $p = 0.78$; siehe Tabelle 47). In Bezug auf die Symptomatik ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den diagnostischen Untergruppen sowohl im Gesamtwert der PANSS ($\chi^2[2]= 8.9$; $p < 0.05$) als auch in der Unterskala „negative Symptomatik“ ($\chi^2[2]= 8.2$; $p < 0.05$). Im Einzelvergleich zwischen den Untergruppen zeigte sich, dass dieser generell beobachtete Unterschied durch höhere Werte der Patienten mit „systematischer“ Schizophrenie im Vergleich zu Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ sowohl für den Gesamtwert der PANSS ($\chi^2[2]= 8.8$; $p < 0.01$) als auch für die Unterskala „negative Symptomatik“ ($\chi^2[2]= 8.5$; $p < 0.01$) zustande kommt. Tendenziell sind auch die Gesamtwerte der PANSS in der Gruppe der „unsystematischen“ schizophrenen Patienten höher als in der Gruppe der „Zykloiden Psychosen“ ($\chi^2[2]= 3.6$; $p < 0.10$).

Für die Auswertung des Paradigmas „Negative Gesichtsausdrücke“ mussten zwei Patienten, jeweils einer aus der Gruppe der „unsystematischen“ Schizophrenien und aus der Gruppe der „Zykloiden Psychose“, aufgrund einer zu geringen Anzahl artefaktfreier EEG-Epochen ausgeschlossen werden. Insgesamt konnten somit 36 gesunde Personen, 11 Patienten mit einer „systematischen“, 16 Patienten mit einer „unsystematischen“ Schizophrenie und 19 Patienten mit einer „zykloiden Psychose“ im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ ausgewertet werden.

Tabelle 47. Stichprobenbeschreibung der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten.

	Gesunde	Leonhard-Klassifikation			K-W-T
		syst.	unsys.	zykloide	χ^2
Anzahl	36	11	17	20	
Geschlecht m	19	9	12	8	
w	17	2	5	12	
Schuljahre	10.0 ± 1.3	10.3 ± 1.9	10.5 ± 1.7	10.4 ± 2.1	1.1
Alter in Jahre	31.4 ± 8.6	33.7 ± 8.6	33.1 ± 8.3	31.8 ± 7.8	1.8
Stat. Beh.	-	2.8 ± 2.9	2.9 ± 2.2	2.4 ± 3.4	2.0
Medikation					
Keine	-	4 (36%)	2 (12%)	0 (0%)	
typisch NL	-	0 (0%)	6 (35%)	5 (25%)	
atypische NL	-	6 (55%)	4 (23%)	12 (60%)	
Beide NL	-	1 (9%)	5 (29%)	1 (5%)	
CPÄ	-	587.5 ± 411.1	738.2 ± 444.1	472.9 ± 353.2	3.9
Symptomatik					
BPRS	-	31.6 ± 8.4	31.1 ± 6.7	27.8 ± 4.0	4.0
PANSS	-	53.1 ± 9.7	50.2 ± 12.2	43.3 ± 6.3	8.9*
-positiv	-	10.6 ± 3.8	10.2 ± 2.3	8.4 ± 2.7	4.7+
-negativ	-	18.6 ± 5.00	15.1 ± 6.1	12.6 ± 3.8	8.2*
-allgemein	-	24.0 ± 4.4	24.4 ± 5.2	22.5 ± 2.9	1.9

Anmerkung: K-W-T = statistischer Kennwert χ^2 im Kruskal-Wallis Test; Anzahl der Freiheitsgrade = df = 3 bei dem Vergleich aller vier Stichproben, df = 2 beim Vergleich der drei Patientenstichproben; * p < 0.05; + p < 0.1; Leonhard Klassifikation: Unterteilung der Patientenstichprobe in Patienten mit systematischer Schizophrenie (sys.), unsystematischer Schizophrenie (unsys.) und zyklische Psychosen (zykloide); Stat. Beh. = Anzahl psychiatrischer stationärer Vorbehandlungen; NL= Neuroleptikum; CPÄ= Tagesdosis neuroleptischer Medikation in Chlorpromazinäquivalenten in mg; BPRS: Brief Psychiatric Rating Scale; PANSS= Positive and Negative Syndrom Scale Gesamtwert; positiv = Unterskala positive Symptomatik; negativ = Unterskala negative Symptomatik; allgemein = Unterskala allgemeine Symptomatik

3.3.4.3. Ergebnisse

3.3.4.3.1. Neuropsychologie

In den Maßen der Emotionserkennung (Tabelle 48) während der EEG-Ableitung fand sich nur für die Variable der Anzahl der korrekt benannten neutralen Gesichter in der Baselinebedingung ein signifikanter Gruppenunterschied ($\chi^2[3]= 14.6$; $p < 0.01$). In der post-hoc Testung zeigte sich, dass sich die drei Patientengruppen in diesem Maß nicht untereinander ($\chi^2[2]= 0.48$; $p = 0.79$) unterschieden, jedoch jeweils eine signifikant geringere Anzahl richtiger Antworten als die gesunde Kontrollgruppe hatten („systematische Schizophrenie“: $\chi^2[1]= 11.1$; $p < 0.001$; „unsystematische Schizophrenie“: $\chi^2[1]= 8.4$; $p < 0.01$; „Zykloide Psychose“: $\chi^2[1]= 9.0$; $p < 0.01$).

In der neuropsychologischen Testung ergaben sich signifikante Gruppenunterschiede im d2 sowohl in der Gesamtzahl aller bearbeiteten Items ($\chi^2[3]= 11.9$; $p < 0.01$) als auch in der Anzahl der korrekt markierten Items ($\chi^2[3]= 13.0$; $p < 0.01$). Des Weiteren zeigten sich unterschiedliche Bearbeitungszeiten im TMT Version A ($\chi^2[3]= 27.6$; $p < 0.001$) und Version B ($\chi^2[3]= 21.5$; $p < 0.001$) und in der Gedächtnisleistung im Wiedererkennen von Worten ($\chi^2[3]= 11.0$; $p < 0.05$). Die drei diagnostischen Untergruppen unterschieden sich in keiner der genannten Aufgaben signifikant voneinander. Im Vergleich jeder einzelnen diagnostischen Untergruppe mit der gesunden Kontrollgruppe ergaben sich folgende Ergebnisse: In der Gesamtzahl der bearbeiteten Items im d2 waren die Patienten mit einer „Zykloiden Psychose“ ($\chi^2[1]= 9.2$; $p < 0.01$) und auch Patienten mit einer „unsystematischen Schizophrenie“ ($\chi^2[1]= 5.4$; $p < 0.05$) signifikant schlechter als die Kontrollgruppe. Ebenso zeigten die Patienten mit einer „Zykloiden Psychose“ ($\chi^2[1]= 8.5$; $p < 0.01$) ebenso wie Patienten mit einer „unsystematischen Schizophrenie“ ($\chi^2[1]= 8.4$; $p < 0.01$) eine schlechtere Leistung als die Kontrollgruppe in der Anzahl korrekt markierter Items im d2. Sowohl im TMT Version A als auch Version B benötigten alle Patientengruppen eine längere Bearbeitungszeit als die Kontrollgruppe (Version A: „systematische“ Schizophrenie: $\chi^2[1]= 14.7$; $p < 0.001$; „unsystematische“ Schizophrenie: $\chi^2[1]= 12.0$; $p < 0.001$; „Zykloide Psychose“: $\chi^2[1]= 16.2$; $p < 0.001$; Version B: „systematische „Schizophrenie: $\chi^2[1]= 8.6$; $p < 0.01$; „unsystematische“ Schizophrenie: $\chi^2[1]= 9.6$; $p < 0.01$; „Zykloide Psychose“: $\chi^2[1]= 15.8$; $p < 0.001$). Bezüglich der Leistung in der Wortwiedererkennungsaufgabe waren Patienten mit einer „unsystematischen“ Schizophrenie signifikant schlechter ($\chi^2[1]=$

11.9; $p < 0.001$) und Patienten mit einer „Zykloiden Psychose“ tendenziell schlechter ($\chi^2[1] = 2.9$; $p < 0.1$) als die Kontrollgruppe.

Tabelle 48. Stichprobenbeschreibung der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten bezüglich der neuropsychologischen Testleistungen

		Leonhard Klassifikation				K-W-T
		Gesunde	sys.	unsyst.	zykloide	χ^2
Fehler	Gesichter	0.0 ± 0.2	0.1 ± 0.3	0	0	3.0
	Neutral: korrekt	3.75 ± 0.69	2.55 ± 1.57	2.69 ± 1.53	2.95 ± 1.35	14.6**
	Neutral: Fehler	0.14 ± 0.49	0.55 ± 1.21	0.69 ± 1.20	0.37 ± 0.76	6.4+
	Emotion: Fehler	3.08 ± 1.95	4.10 ± 2.43	3.88 ± 2.36	4.26 ± 2.85	3.
MWT	Anzahl	29.5 ± 5.4	29.7 ± 4.4	28.9 ± 4.8	27.74 ± 5.0	2.1
d2	Gesamtzahl	459.0 ± 81.9	417.9 ± 86.0	398.8 ± 76.2	368.5 ± 101.9	11.9**
	Auslassungen	19.4 ± 17.1	13.4 ± 11.5	29.41 ± 30.8	17.3 ± 21.8	2.5
	falsche Alarmer	0.8 ± 1.2	0.9 ± 1.3	2.8 ± 5.6	1.1 ± 2.2	2.0
	richtig markierte	173.9 ± 36.1	159.5 ± 40.8	135.1 ± 48.6	139.2 ± 30.5	13.0**
TMT	Version A	12.1 ± 3.2	20.4 ± 7.1	16.6 ± 4.7	19.2 ± 7.8	27.6***
	Version B	25.5 ± 10.8	41.3 ± 20.1	40.9 ± 21.1	38.5 ± 12.3	21.5***
	Verhältnis B/A	2.1 ± 0.7	2.2 ± 1.0	2.5 ± 1.1	2.1 ± 0.5	1.7
Gedächtnis	Figural	7.6 ± 1.6	5.9 ± 2.6	6.4 ± 2.1	7.2 ± 1.8	6.5+
	Verbal FR	4.4 ± 2.2	5.2 ± 1.9	4.8 ± 1.8	4.7 ± 1.2	1.9
	Verbal WE	0.7 ± 0.7	1.7 ± 1.9	1.6 ± 0.9	1.3 ± 1.3	11.0*
Benennen	Fehler	0.4 ± 1.0	0.7 ± 0.9	0.5 ± 0.9	0.8 ± 1.0	5.3

Anmerkung: K-W-T= statistischer Kennwert χ^2 im Kruskal-Wallis Test; Anzahl der Freiheitsgrade = df = 3; + $p < 0.1$; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$; Leonhard Klassifikation: Unterteilung der Patientenstichprobe in Patienten mit systematischer Schizophrenie (sys.), unsystematischer Schizophrenie (unsyst.) und zyklode Psychosen (zykloide); Fehler = Anzahl Fehler im EEG-Paradigma; Gesichter = Paradigma Gesichterpeak; Neg. Gesichter = Paradigma negative Gesichtsausdrücke (in Klammern Anzahl der möglichen Fehler); MWT = Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest; Anzahl richtig erkannter Worte; d2 = Aufmerksamkeits-Belastungs-Test; Gesamtzahl = Anzahl bearbeiteter Items; Auslassungen = Anzahl nicht markierter richtiger Items; falsche Alarmer = Anzahl markierter falscher Items; richtig markierte = Anzahl richtig markierter Items; TMT = Trail-Making-Test; Verhältnis B/A = benötigte Zeit in Version B dividiert durch benötigte Zeit in Version A; Gedächtnis: Figural = Anzahl korrekt wiedererkannter Figuren; Verbal FR = freie Reproduktion; Anzahl der wiedergegebenen Wörter; Verbal WE = Wiedererkennen; Anzahl der nicht wiedererkannten Wörter; Benennen = Anzahl nicht benannter Bilder.

3.3.4.3.2. Verarbeitung von Gesichtern

Die mittlere Amplitudendifferenz der N170 Komponente (siehe Tabelle 49) unterschied sich tendenziell zwischen den vier Gruppen ($\chi^2[3] = 7.3$; $p < 0.1$), nicht jedoch bei gesonderter Betrachtung der Amplitudendifferenz über T5 ($\chi^2[3] = 4.9$; $p = 0.18$) und T6 ($\chi^2[3] = 4.6$; $p = 0.20$). Im Einzelvergleich der diagnostischen Untergruppen mit der Kontrollgruppe ergab sich nur für die Patienten mit einer

„Zykloiden Psychose“ eine geringere mittlere Amplitudendifferenz zwischen Gesichtern und Gebäuden ($\chi^2[1] = 6.2$; $p < 0.05$) als für die Kontrollgruppe. Die drei diagnostischen Untergruppen unterschieden sich nicht signifikant von einander bezüglich der mittleren Amplitudendifferenz der N170 Komponente ($\chi^2[2] = 4.2$; $p = 0.12$).

Tabelle 49. N170-Komponente der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten.

	Leonhard Klassifikation				K-W-T χ^2
	Gesunde	sys.	unsyst.	zykloide	
Differenz T5	-1.74 ± 1.19	-1.61 ± 1.07	-1.48 ± 1.02	-1.10 ± 1.17	4.9
Differenz T6	-2.03 ± 1.48	-2.03 ± 1.13	-1.73 ± 1.12	-1.55 ± 1.97	6.2
mittlere Differenz	-1.88 ± 1.00	-1.82 ± 0.90	-1.61 ± 0.90	-1.32 ± 1.39	7.3 ⁺

Anmerkung: K-W-T= statistischer Kennwert χ^2 im Kruskal-Wallis Test; Anzahl der Freiheitsgrade = $df = 3$; * $p < 0.05$; + $p < 0.1$; Leonhard Klassifikation: Unterteilung der Patientenstichprobe in Patienten mit systematischer Schizophrenie (sys.), unsystematischer Schizophrenie (unsyst.) und zyklische Psychosen (zykloide); Differenz = Differenz der N170- Amplituden auf Gesichter minus Gebäude für die Elektrodenposition T5 und T6, und über beide Positionen gemittelt (mittlere Differenz)

Um den Effekt der verringerten Differenz der N170 Komponente zwischen Gesichtern und Gebäuden bei Patienten mit „Zyklischer Psychose“ genauer zu verstehen, wurden Patienten mit der Unterform einer „Verwirrtheitspsychose“ ($n = 10$) mit Patienten der Unterform einer „Angst-Glücks-Psychose“ ($n = 10$) bezüglich der N170 Amplituden-Differenz verglichen. Obgleich rein deskriptiv Patienten mit der Unterform einer „Angst-Glücks-Psychose“ eine geringere mittlere Amplitudendifferenz ($m = -0.92 \pm 0.63$) als Patienten mit einer „Verwirrtheitspsychose“ ($m = -1.72 \pm 1.83$) aufwiesen, ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen ($\chi^2[1] = 4.6$; $p = 0.5$; $t[11] = -1.31$; $p = 0.22$).

3.3.4.3.3. Dekodierung negativer Gesichtsausdrücke

Im Vergleich der vier Gruppen (Kontrollgruppe, „systematische“ Schizophrenien, „unsystematische“ Schizophrenien und „Zyklische Psychose“) zeigten sich weder für die Amplituden in der emotionalen (P3: $\chi^2[3] = 2.16$; $p = 0.54$; P4: $\chi^2[3] = 0.85$; $p = 0.84$) noch in der neutralen Bedingung (P3: $\chi^2[3] = 2.91$, $p = 0.41$; P4: $\chi^2[3] = 6.2$; $p = 0.10$) signifikante Gruppenunterschiede (siehe Tabelle 50). Allerdings unterschieden

sich die Gruppen in den Amplitudendifferenzen zwischen der emotionalen und der neutralen Bedingung für das Zeitfenster P3 ($\chi^2[3] = 8.55$; $p < 0.05$) und P4 ($\chi^2[3] = 9.37$; $p < 0.05$). Im Vergleich jeder einzelnen diagnostischen Untergruppe mit der Kontrollgruppe ergab sich folgendes Bild: Patienten mit einer „systematischen“ Schizophrenie zeigten eine geringere Amplitudendifferenz als die Kontrollgruppe zum Zeitpunkt P4 ($\chi^2 [1] = 5.23$, $p < 0.05$), Patienten mit einer „unsystematischen“ Schizophrenie zum Zeitpunkt P3 ($\chi^2[1] = 7.82$; $p < 0.01$) und P4 ($\chi^2[1] = 6.14$; $p < 0.05$) und Patienten mit einer „Zykloiden Psychose“ zu keinem der beiden Zeitpunkte (P3: $\chi^2 [1] = 2.45$; $p = 0.12$; P4: $\chi^2[1] = 1.54$; $p = 0.22$). Im Vergleich der drei Patientengruppen miteinander ergeben sich keinerlei signifikante Gruppenunterschiede der Amplitudendifferenz für P3 ($\chi^2 [3] = 2.40$, $p = 0.30$) und P4 ($\chi^2 [3] = 2.51$, $p = 0.29$) oder der einzelnen Amplituden je Bedingung.

Tabelle 50. Amplituden im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der gesunden Kontrollgruppe und der nach Leonhard klassifizierten Patienten.

Seg.	Bedingung	Leonhard Klassifikation				K-W-T
		Gesunde	sys.	unsyst.	zykloide	χ^2
P3	neutral	2.09 ± 1.22	2.50 ± 1.29	2.71 ± 1.59	2.45 ± 1.21	2.16
	emotional	2.72 ± 0.96	2.86 ± 1.42	2.45 ± 1.13	2.70 ± 0.79	0.85
P4	neutral	1.89 ± 0.75	2.46 ± 1.49	2.68 ± 1.40	2.55 ± 1.05	2.91
	emotional	2.52 ± 0.99	2.41 ± 1.14	2.51 ± 0.90	2.87 ± 1.31	6.19
P3	Differenz	0.63 ± 0.89	0.35 ± 0.68	-0.26 ± 1.20	0.26 ± 0.84	8.55*
P4	Differenz	0.63 ± 0.77	-0.04 ± 0.78	-0.18 ± 1.00	0.32 ± 0.66	9.37*

Anmerkung: K-W-T= statistischer Kennwert χ^2 im Kruskal-Wallis Test; Anzahl der Freiheitsgrade = df = 3; * $p < 0.05$; Leonhard Klassifikation: Unterteilung der Patientenstichprobe in Patienten mit systematischer Schizophrenie (sys.), unsystematischer Schizophrenie (unsyst.) und zyklische Psychosen (zykloide); Seg. = Segment; Bedingung: neutral = passive Bildbetrachtung der neutralen Gesichtsausdrücke; emotionale = aktive Emotionsdekodierung der emotionalen Gesichtsausdrücke; Differenz = Amplitudendifferenz der Bedingung „emotional“ minus „neutral“.

3.3.4.4. Zusammenfassung und Diskussion der Untergruppenbetrachtung schizophrener Patienten

Im Vergleich mit der Auswertung der nach ICD-10 als schizophren diagnostizierten Patienten hat sich für die nach Leonhard klassifizierten Patienten kein über alle Gruppen bestehendes Defizit in der Gesichtsverarbeitung ergeben. Weder die Patienten mit einer „systematischen“ noch mit einer „unsystematischen“

Schizophrenie, welche die Gruppe der nach ICD-10 diagnostizierten Patienten darstellen, zeigten Defizite in der Gesichtsverarbeitung, operationalisiert durch eine verringerte Amplitudendifferenz der N170 Komponente zwischen Gesichtern und Gebäuden. Möglicherweise ist dieser Effekt durch die Auswahl der Kontrollgruppe zu erklären. Die Gruppe gesunder Kontrollpersonen, die für den Vergleich mit den nach ICD-10 diagnostizierten schizophrenen Patienten nach Geschlecht, Alter und Schulbildung ausgewählt wurden, hat eine mittlere Amplitudendifferenz von $m = -2.20 \pm 1.03$, die gesamte Stichprobe der gesunden Probanden allerdings einen Wert von $m = -1.88 \pm 1.00$. Somit könnte der fehlende Effekt bei den nach Leonhard als „systematisch“ und „unsystematisch“ schizophren diagnostizierten Patienten durch den Vergleich mit der gesamten gesunden Stichprobe bedingt sein.

Der Befund, dass sich nur die Gruppe der Patienten mit einer „Zykliden Psychose“ signifikant von der Kontrollgruppe bezüglich der mittleren Amplitudendifferenz unterscheidet, wurde nicht erwartet. In EEG-Vorbefunden unterschieden sich Patienten mit „Zykliden Psychose“ in einem Inhibitionsparadigma nicht in ihrer frontalen Aktivierung von einer gesunden Kontrollgruppe (Ehli et al., zur Publikation eingereicht) oder zeigten eine stärker ausgeprägte Aktivierung in einem Aufmerksamkeitsparadigma (Strik et al., 1993). Eine mögliche Interpretation dieser deutlich verringerten Aktivierung bei der Gesichtsverarbeitung von Patienten mit „Zykliden Psychosen“ könnte sein, dass Patienten der Untergruppe „Verwirrtheitspsychose“ der „Zykliden Psychose“ im akuten Zustand oft durch Personenverkenntnis zu charakterisieren sind. Allerdings brachte ein Vergleich der Untergruppen „Verwirrtheitspsychose“ und „Angst-Glücks-Psychose“ keine signifikanten Gruppenunterschiede bezüglich der N170 Komponente zu Tage. Interessant wäre für eine zukünftige Studie, Patienten mit „Zykliden Psychose“ in einem akuten Zustand ihrer Erkrankung zu untersuchen.

Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ ergaben sich nur in der Betrachtung der Amplitudendifferenzen der „neutralen“ und der „emotionalen“ Bedingung signifikante Gruppenunterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den Patientengruppen, nicht aber im Vergleich der Amplituden der Einzelbedingungen. Somit ist eine Interpretation der Ergebnisse schwierig, da sich die Unterschiede nicht eindeutig auf die „emotionale“ oder „neutrale“ Bedingung zurückführen lassen. Patienten mit einer „systematischen“ Schizophrenie bilden zum Zeitpunkt P4, nicht aber zum früheren Zeitpunkt P3, eine geringere Differenz zwischen den

Bedingungen aus, Patienten mit einer „unsystematischen“ Schizophrenie zu beiden Zeitpunkten P3 und P4. Obgleich sich Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ nicht signifikant von der Kontrollgruppe unterscheiden, ergeben sich auch keine Unterschiede zu den beiden anderen Patientengruppen. Aufgrund dieser Daten lässt sich schlussfolgern, dass sowohl in der Gruppe der „systematischen“ als auch „unsystematischen“ Schizophrenien während der Emotionsdekodierung und der Betrachtung neutraler Gesichtsausdrücke Unterschiede im Vergleich mit der gesunden Kontrollgruppe bezüglich der kortikalen Aktivierung zu finden sind, die genaue Bewertung dieser Unterschiede ist aber nicht möglich. Auch der Befund, dass die Zeitpunkte P3 und P4 nicht gleichermaßen Unterschiede anzeigen, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht interpretiert werden, da auf eine unterschiedliche Bedeutung beider Komponenten aufgrund dieser Daten nicht geschlossen werden kann.

In den Verhaltensdaten der Emotionsbenennung konnte kein Defizit in der Emotionsdekodierung für die unterschiedlichen diagnostischen Untergruppen festgestellt werden. Dieses fehlende Defizit wurde auch im vorhergehenden Kapitel für den Vergleich der nach ICD-10 als schizophren klassifizierten Patienten mit der entsprechenden Kontrollgruppe beschrieben. Diese fehlenden Effekte stehen im klaren Widerspruch zu zahlreichen Vorbefunden (Edwards et al., 2002; Hellewell & Whittaker, 1998; Mandal et al., 1998; Morrison et al., 1988), die für schizophrene Patienten ein deutliches Defizit in der Emotionsdekodierung beschrieben haben. Wahrscheinlich wird dieser fehlende Effekt durch die schon besprochenen Besonderheiten der Emotionsdekodierungsaufgabe während der EEG-Messung bedingt und ist somit nicht weiter interpretierbar.

Die neuropsychologischen Testergebnisse dieser Auswertung sind in Übereinstimmung mit den zuvor beschriebenen Effekten bei den nach ICD-10 diagnostizierten Patienten. Sowohl Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ als auch Patienten mit „unsystematischer“ Schizophrenie, nicht aber Patienten mit „systematischer“ Schizophrenie, erreichen im Aufmerksamkeitstest d2 eine geringere Gesamtzahl bearbeiteter Items und korrekt markierter Items und sind somit ähnlich wie im TMT Version A und B langsamer als die Kontrollgruppe. Im Bereich Gedächtnis zeigen besonders Patienten mit „unsystematischer“ Schizophrenie im verbalen Wiedererkennen deutlich mehr Fehler als Gesunde. Im Bereich figurales Gedächtnis, der bei den ICD-10 diagnostizierten Patienten ebenso wie der Bereich

verbales Wiedererkennen defizitär war, konnte nur ein tendenzieller Unterschied zwischen den Gruppen beschrieben werden. Ebenso wie in den EEG-Parametern zeigte sich auch bei der neuropsychologischen Leistung kein signifikanter Gruppenunterschied zwischen den diagnostischen Gruppen. Dies spricht dafür, dass die Gruppenunterschiede zu gering sind, um sie, falls vorhanden, mit der Gruppengröße statistisch beschreiben zu können.

3.4. Gesamtdiskussion

3.4.1. Gesichtsverarbeitung

In allen drei Untersuchungen konnte bei gesunden Probanden eine signifikant erhöhte negative Amplitude (N170) über den temporalen Elektrodenpositionen T5 und T6 um 160 ms bei der Verarbeitung von Gesichtern im Vergleich zu Kontrollbildern nachgewiesen werden, wie dies in Vorbefunden beschrieben wurde (Bentin et al., 1996; Bötzel et al., 1995; Linkenkaer-Hansen et al., 1998). Die N170 war in der dritten Untersuchung bei 35 der 36 untersuchten Personen über beiden Elektrodenpositionen T5 und T6 stärker auf Gesichter als auf die Kontrollbilder ausgeprägt, und stellt somit ein äußerst stabiles Maß für die Gesichtsverarbeitung dar. Die erhöhte N170 Komponente auf Gesichter kann als neuronales Korrelat einer holistischen Verarbeitung der individuellen Gesichtsinformationen interpretiert werden, die in einer hohen Expertise von Menschen in der Verarbeitung von Gesichtern begründet ist (Gauthier et al., 2000; Gauthier et al., 1999; Tanaka & Curran, 2001). Die N170 Komponente stellt dabei die Aktivität des Gyrus Fusiformis dar (Haxby et al., 2002), eine Region die auch in der Quellenlokalisierung der N170 Komponente mit LORETA als Region des stärksten Aktivitätsunterschiedes zwischen Gesichtern und Kontrollreizen in der ersten und dritten Stichprobe beschrieben wurde. In der zweiten Stichprobe wurde keines der lokalen Maxima des statistischen Vergleichs im Gyrus Fusiformis lokalisiert, jedoch in der angrenzenden Region des inferioren Gyrus Temporalis. Dieses Ergebnis deutet auf eine Ungenauigkeit in der Lokalisation mit LORETA hin. In allen drei Untersuchungen zeigte sich zusätzlich, dass die Aktivität im Cingulum während des zweiten Zeitsegments auf Gesichter stärker ist als auf Gebäude. Interessanterweise wurde diese Region in den bisherigen fMRI Untersuchungen nicht beschrieben. Dieser fehlende Befund könnte durch die schlechtere zeitliche Auflösung des fMRI bedingt sein. Im dritten Zeitsegment des EKPs zeigte der Vergleich der Quellen bei Gesichtern eine geringere Aktivierung im Gyrus Cingulum als bei Gebäuden. Bei der gesamten Betrachtung des zweiten und dritten Zeitsegments, wie es in fMRI Experimenten aufgrund der schlechten zeitlichen Auflösung nur möglich ist, könnte sich diese gegenseitige Aktivierung des zweiten und dritten Zeitsegments herauslösen. Ähnlich könnte es sich mit der Aktivierung im frontalen Kortex verhalten, die in der ersten Untersuchung und der dritten Untersuchung zum Zeitpunkt des

Gesichterpeaks auf Gesichter stärker war als auf Gebäude, im dritten Segment der dritten Stichprobe allerdings schwächer. Die Bedeutung der Aktivierung im Gyrus Cingulum und Gyrus Frontalis ist allerdings noch unklar, da sie bisher nicht beschrieben wurde. Möglicherweise steht sie in Zusammenhang mit automatischen Aufmerksamkeitsprozessen (Paulus et al., 2002) auf Gesichter. Entgegen der im fMRI deskriptiv beschriebenen verstärkten rechtshemisphärischen Aktivierung im Gyrus Fusiformis (Haxby et al., 2002) findet sich in der statistischen Auswertung der N170 Komponente kein Hinweis auf Seitendifferenzen in der dritten Stichprobe. Die erhöhte Aktivierung auf Gesichter im Vergleich zu den Kontrollreizen kann in allen drei Untersuchungen auch in der GFP nachgewiesen werden. In der topographischen Auswertung ergaben sich keine Hinweise darauf, dass sich das hirnelektrische Feld bei der Verarbeitung von Gesichtern anders darstellt als bei der Verarbeitung von Kontrollreizen.

Die Ergebnisse der drei Untersuchungen deuten darauf hin, dass sich Unterschiede in der Verarbeitung von Gesichtern und Kontrollreizen schon zu einem früheren Zeitpunkt als 170 ms feststellen lassen. Bisherige EEG-Befunde zu dieser Frage müssen aufgrund methodischer Schwächen kritisch betrachtet werden (Debrulle et al., 1998; Schendan et al., 1998; Seeck et al., 1997). In einer MEG-Untersuchung (Liu et al., 2002) wurde aber mit vergleichbarem Stimulusmaterial eine M100 Komponente beschrieben, mit erhöhten positiven Amplituden auf Gesichter über temporo-occipitalen Sensorpositionen. In der topographischen Auswertung zeigte sich in zwei der drei Stichproben eine signifikant erhöhte GFP auf Gesichter im ersten Zeitabschnitt von ca. 80 ms bis 120 ms, mit einem auf Gesichter weiter posterior gelegenen positiven Feld. Liu et al. (2002) interpretieren den frühen Effekt als Zeichen einer Kategorisierung von visuellen Stimuli als Gesichter. Die Bedeutung der in dieser Arbeit gefundenen früheren EEG-Effekte muss durch weitere Studien geklärt werden.

3.4.2. Emotionsdekodierung

Die Ergebnisse dieser Arbeit sprechen dafür, dass sich die Dekodierung des emotionalen Gesichtsausdrucks nicht in den untersuchten Maßen des EKPs widerspiegelt. Weder für die Betrachtung der positiven und negativen Amplituden über den zentralen Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz, noch in der Analyse der topographischen Verteilung der hirnelektrischen Aktivität finden sich reliable Unterschiede zwischen freudigen, neutralen und traurigen Gesichtsausdrücken.

Auch die Verarbeitung allgemein emotionaler Bilder, die ein geringes bis mittleres Arousal auslösen, zeigt weder für die Betrachtung der Einzelelektroden noch in der topographischen Auswertung reliable Effekte. Die in der Literatur beschriebenen Untersuchungen (Carretie & Iglesias, 1995; Graham & Cabeza, 2001; Vanderploeg et al., 1987) konnten zwar Effekte emotionaler Gesichtsausdrücke auf die Amplituden zeigen, allerdings ebenso wenig reliable wie in den drei Stichproben dieser Arbeit. Auch die topographischen Effekte, die bisher für emotionale Reize beschrieben wurden (Pizzagalli et al., 1998; Pizzagalli et al., 1999; Skrandies, 1998), sind über die Studien nicht einheitlich. Somit ist es nicht verwunderlich, dass für die drei Stichproben dieser Arbeit zwar „signifikante“ Unterschiede in der Topographie der hirnelektrischen Aktivität zwischen verschiedenen emotionalen Gesichtsausdrücken und auch zwischen allgemein emotionalen Bildern gefunden wurden, jedoch keine konsistenten Befunde über verschiedene Stichproben zu berichten sind. Möglicherweise handelt es sich bei den bisherigen Befunden um statistische Artefakte, die durch eine Aufsummierung des Alpha-Fehlers zustande gekommen sind. Eine alternative Erklärung ist, dass die Differenzierung zwischen den emotionalen Klassen mit Hilfe der topographischen EKP-Parameter in dieser Arbeit nicht gelungen ist, da die Zuordnung der Bilder zu den Kategorien „positiv“, „negativ“, und „neutral“ im Vorfeld festgelegt und nicht durch die individuelle Einschätzung der VP bestimmt wurde (Pizzagalli et al., 1998; Pizzagalli et al., 1999). Allerdings korrelieren die zwischen den emotionalen Klassen signifikant unterschiedlichen EEG-Parameter nicht sinnvoll mit der subjektiven Einschätzung, so dass diese Erklärung unwahrscheinlich erscheint. Es bleibt die Frage zu klären, warum in den EKPs keine Effekte der emotionalen Bedeutung der Bilder zu messen waren. Die Darbietung emotionaler Gesichtsausdrücke führt sowohl im Selbstbericht zu einer emotionalen Reaktion (Dimberg, 1988; Lundqvist & Dimberg, 1995) als auch zu einer mimischen Reaktion des Betrachters (Dimberg, 1982; Dimberg, 1988; Dimberg & Oehman, 1996; Hess et al., 1999; Laird et al., 1994). Allgemein zeigen sich emotionale Reaktionen des Betrachters sowohl in der Aktivierung limbischer als auch kortikaler Areale, wie in letzter Zeit mit Hilfe bildgebender Verfahren in zahlreichen Studien gezeigt wurden (Übersichtsarbeit: Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002). Besonders die kortikalen Areale des medialen präfrontalen Kortex, der Gyrus Cingulum und des occipitalen Gyrus werden bei der Verarbeitung emotionaler Reize aktiviert. Der mediale präfrontale Kortex wurde mit kognitiven Prozessen der

Emotionsverarbeitung unabhängig vom emotionalen Inhalt in Verbindung gebracht. In einer eigenen Studie (Herrmann et al., zur Publikation angenommen) zeigte sich, dass die Aktivierung dieser Region mit der Selbstaufmerksamkeit während einer Emotionsinstruktion assoziiert ist. Für die Unterscheidung positiver, negativer und neutraler Gesichtsausdrücke spielt diese Region somit keine wichtige Rolle, jedoch für den später dargestellten Vergleich zwischen der Emotionserkennung und einer einfachen Bildbetrachtung. Die Aktivierung im occipitalen Gyrus bei der Verarbeitung visueller emotionaler Reize könnte sich in den EKPs in den erhöhten parietalen positiven Amplituden widerspiegeln (Cuthbert et al., 2000; Palomba et al., 1997; Schupp et al., 2000), die allerdings erst bei stark emotionalen Reizen zu sehen sind. Anzumerken ist, dass diese Aktivierung unabhängig von der emotionalen Valenz bei stark erregenden Reizen im Vergleich zu neutralen Reizen zu beobachten ist, und somit für die Unterscheidung positiver und negativer Reize nicht sinnvoll ist. Weitere wichtige Regionen für die Verarbeitung emotionaler Reize sind besonders in subkortikalen Arealen zu sehen, die eventuell durch eine Analyse der Amplituden der Oberflächenpotentiale nicht zu messen sind. Einen alternativen Ansatz stellt die Analyse hochfrequenter oszillatorischer Aktivitäten mit Hilfe der Gamma-Band Wavelet-Analyse dar, für die eine Modulation durch die Verarbeitung emotionaler Reize beschrieben wurde (Keil, Müller, Gruber, Wienbruch & Elbert, 2001a; Keil et al., 2001b; Müller, Keil, Gruber & Elbert, 1999).

Alternativ stellt sich die Frage, inwieweit der Prozess der Emotionserkennung an sich in EKP-Parametern abbildbar ist. Streit et al. (2000) beschrieben eine frontale Negativierung des EKPs um 240 ms während der Emotionsdekodierung im Vergleich zu einer Kontrollaufgabe. Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der dritten Stichprobe konnte dieses Ergebnis allerdings nicht repliziert werden. Im Vergleich zur Arbeit von Streit et al. (2000) wurde als Kontrollbedingung allerdings auch die passive Betrachtung von neutralen Gesichtern gewählt, statt der aktiven Erkennung von verschwommenen Gesichtern. Da die Kontrollbedingung „passives Betrachten“ wahrscheinlich weniger aktive kognitive Ressourcen verlangt als das aktive Erkennen eines Gesichtes, ist anzunehmen, dass die stärkere Negativierung in der Arbeit von Streit et al. (2000) nicht durch die Emotionsdekodierung entsteht, sondern durch die fehlende Negativierung bei der Verarbeitung der verschwommenen Gesichtsbilder. Die in dieser Arbeit beschriebene parietale Positivierung während der Emotionsdekodierung im Vergleich zur passiven Bildbetrachtung ist nicht als

spezifisches neuronales Maß der Emotionsdekodierung zu sehen. Hierzu müsste sich die kortikale Aktivierung bei gleich beanspruchenden Aufgaben unterscheiden. In einer aktuellen Arbeit werden zur Zeit die EKPs auf Gesichter während der Bedingungen der Emotionsdekodierung und der Geschlechtsbestimmung abgeleitet, um die spezifische kognitive Aktivierung der Emotionsdekodierung bestimmen zu können.

3.4.3. Gesichtsverarbeitung und Emotionsdekodierung bei schizophrenen Patienten

In der Auswertung des Gesichterpeaks zeigte sich eine tendenziell verringerte Amplitudendifferenz der N170-Komponente zwischen Gesichtern und Kontrollreizen bei den nach ICD-10 als schizophren diagnostizierten Patienten. Im Hinblick auf die Bedeutung der N170 als Zeichen der strukturellen Enkodierung von Gesichtsreizen kann man davon ausgehen, dass schizophrene Patienten Gesichtsreize tendenziell schlechter verarbeiten als Gesunde. Diese Erkenntnis wurde schon auf der Verhaltensebene beschrieben (Archer et al., 1992; Whittaker, Deakin & Tomenson, 2001) und steht im Einklang mit Studien, die ein verringertes Volumen des Gyrus Fusiformis bei schizophrenen Patienten zeigen konnten (Lee et al., 2002). Dieses verringerte Volumen des Gyrus Fusiformis ist des Weiteren mit einer verschlechterten Wiedererkennung von Gesichtern assoziiert (Onitsuka et al., 2003). Es muss erwähnt werden, dass die beschriebenen Defizite schizophrener Patienten nicht auf die Verarbeitung von Gesichtern beschränkt sind, sondern vielmehr im Rahmen eines allgemeinen Defizits der visuellen Verarbeitung gesehen werden müssen (Butler et al., 2001; Doniger et al., 2002). Zur Interpretation der Befunde ist zu beachten, dass die verringerte Amplitudendifferenz der N170 Komponente weder einen signifikanten Zusammenhang mit der Symptomatik oder der Medikation noch mit den meisten neuropsychologischen Aufgaben aufwies. In der Gruppe der schizophrenen Patienten zeigte sich nur ein negativer Zusammenhang zwischen der Gesamtzahl der bearbeiteten Items im d2 und der Amplitudendifferenz der N170 Komponente, d.h. je besser die Verarbeitung von Gesichtern und damit je negativer die Amplitudendifferenz, desto mehr Items konnten im d2 bearbeitet werden. Dieser Zusammenhang unterstützt die Annahme, dass die defizitäre Gesichtsverarbeitung im Rahmen einer allgemeinen Schwäche schizophrener Patienten im Bereich der visuellen Verarbeitung zu interpretieren ist. Abschließend muss erwähnt werden, dass die schizophrenen Patienten in dieser Auswertung nur eine tendenziell

geringere Amplitudendifferenz als die Kontrollgruppe aufwies, allerdings in einer Vorauswertung signifikant geringere Amplitudendifferenzen bei schizophrenen Patienten gefunden wurden (Herrmann, Ellgring & Fallgatter, zur Publikation eingereicht). Des Weiteren ergab sich weder in der Auswertung der GFP noch der topographischen Parameter ein Hinweis für eine gestörte Gesichtsverarbeitung bei schizophrenen Patienten. Auch der Untergruppen-Vergleich nach Leonhard (1991) zeigte für die Patienten mit „unsystematischer“ oder „systematischer“ Schizophrenie im Vergleich zur gesamten gesunden Stichprobe keine signifikant geringere Amplitudendifferenz. Die gesamte Befundlage deutet darauf hin, dass es sich bei der defizitären Gesichtsverarbeitung schizophrener Patienten um einen schwachen Effekt handelt, dessen Bedingungen genauer zu eruieren sind.

Bei Patienten mit „Zykloider Psychose“ ergab sich eine signifikant geringere mittlere Amplitudendifferenz und somit eine schlechtere Gesichtsverarbeitung als bei der gesamten gesunden Kontrollgruppe. Da die Patienten zum Zeitpunkt einer stabilen Krankheitsphase untersucht wurden, die nicht mehr durch die akute Symptomatik gekennzeichnet war, deutet sich in diesem Befund ein manifestes Defizit bei Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ an. Nach dieser Annahme müsste sich dieses Defizit auch bei Patienten zeigen, die sich deutlich nach einer akuten Krankheitsphase in einer gesunden Lebensphase befinden. Zu überprüfen wäre des Weiteren, ob sich das Defizit in der Gesichtsverarbeitung in einer weiteren Stichprobe replizieren lässt und wie es sich im Verlauf der Erkrankung, zum Beispiel während der akuten Erkrankungsphase verändert.

Über die Bedeutung der defizitären Gesichtsverarbeitung für die Emotionserkennung kann bisher nur spekuliert werden. Nach dem Modell von Bruce & Young (1986) spiegeln sich in der strukturellen Enkodierung zwei Prozesse wider, eine ausdrucksunabhängige Beschreibung gesichtsinvarianter Aspekte und eine von der aktuellen Blickrichtung abhängige Beschreibung des Gesichts. Die ausdrucksunabhängige Verarbeitung liefert nach dem Modell die Informationen an Strukturen zur Gesichtserkennung, jedoch nicht zu Einheiten der Emotionserkennung. Nach dem Modell wäre die N170 ein Zeichen der Verarbeitung gesichtsinvarianter Aspekte unabhängig von der Emotionserkennung. Dieser Aspekt müsste in einer weiteren Untersuchung geklärt werden.

Im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ zeigten sowohl die nach ICD-10 diagnostizierten schizophrenen Patienten als auch die nach Leonhard (1991) diagnostizierten Untergruppen keine signifikant schlechtere Emotionserkennung als die gesunden Probanden, allerdings signifikant weniger häufig die richtige Bezeichnung „neutral“ in der neutralen Baseline Bedingung. Die Tatsache, dass die in dieser Studie untersuchten Patienten keine schlechtere Emotionserkennung aufweisen als die Kontrollgruppe, widerspricht dem bisherigen Forschungsstand (Edwards et al., 2002), und bedarf einer Klärung. Wie schon erwähnt, könnte das fehlende Defizit in der Emotionserkennung durch die in dieser Untersuchung verwendete Aufgabe bedingt sein. Da alle Stimuli acht Mal wiederholt präsentiert wurden, hatten die VPn deutlich mehr Möglichkeiten, den emotionalen Gesichtsausdruck zu dekodieren als bei einmaliger Reizpräsentation. Diese Interpretation würde bedeuten, dass schizophrene Patienten durch wiederholtes Üben ihre Emotionsdekodierung verbessern könnten. Eine kürzlich erschienene Arbeit, in der schizophrene Patienten durch eine Übungstherapie eine signifikante Verbesserung der Emotionsdekodierung erreichten, unterstützt diese Annahme (Frommann, Streit & Wölwer, 2003). Eine weitere Erklärung für das fehlende Defizit in der Emotionserkennung könnte in der Auswahl der untersuchten Patienten liegen. In der Arbeit von Bryson, Bell, Kaplan, Greig & Lysaker (1998) wurde z.B. gezeigt, dass bei schizophrenen Patienten ohne „Defizit-Syndrom“ nur 54% eine verschlechterte Emotionserkennung in einem standardisierten Emotionserkennungstest (BLERT) aufwiesen. Des Weiteren gibt es einige Hinweise in der Literatur, die zeigen, dass schizophrene Patienten in der remittierten Phase der akuten Erkrankung (Bellack, Blanchard & Mueser, 1996; Gessler et al., 1989; Joseph et al., 1992) oder chronisch erkrankte Patienten kein Defizit in der Emotionserkennung aufweisen (Gessler et al., 1989). Somit könnte das fehlende Defizit in der Emotionserkennung durch die Tatsache begründet sein, dass die Patienten dieser Arbeit in einem stabilen Zustand relativ spät nach der stationären Aufnahme untersucht wurden.

In der neutralen Baseline Bedingung wurde die Aufgabe, die neutralen Gesichter als neutral zu bezeichnen, von den Patienten signifikant schlechter durchgeführt als von den gesunden Kontrollpersonen. Dies gilt sowohl für die nach ICD-10 als schizophren diagnostizierten Patienten, als auch für alle drei Untergruppen der

Leonhard Klassifikation. Die Schwierigkeit schizophrener Patienten, neutrale Reize auch als neutral zu bewerten, wurde in zwei weiteren Untersuchungen beschrieben, bisher aber nicht weiter beachtet (Heimberg et al., 1992; Schneider et al., 1995). Es wäre möglich, dass nicht nur die fehlerhafte Einschätzung eines emotionalen Gesichtsausdrucks, sondern auch die fälschlicherweise emotionale Einschätzung eines neutralen Gesichtsausdrucks zu sozialen Problemen bei schizophrenen Patienten führt. Zukünftige Studien müssten klären, welche Faktoren diese Fehldeutung mit verursachen und welche Konsequenzen daraus für die schizophrenen Patienten entstehen.

In den ereigniskorrelierten Potentialen zeigte sich ein ähnliches Bild wie in den Verhaltensdaten. In der emotionalen Bedingung ergaben sich keinerlei Amplitudenunterschiede zwischen Gesunden und schizophrenen Patienten (ICD-10), in der neutralen Bedingung wiesen die Patienten signifikant höhere Amplituden als die Kontrollpersonen auf. Diese erhöhte Aktivierung wurde bei Patienten wahrscheinlich durch eine erhöhte kognitive Anstrengung hervorgerufen. Die Korrelation der Amplitude der P3 Komponente in der neutralen Bedingung mit der Anzahl der emotionalen Bezeichnungen deutet darauf hin, dass die schizophrenen Patienten in der neutralen Bedingung eine aktive Emotionsdekodierung versuchten. Die Tatsache, dass paranoide schizophrene Patienten höhere Amplituden als nicht-paranoide Schizophrene erreichten, unterstreicht die Bedeutung der Symptomatologie. In der Analyse der Untergruppen nach Leonhard ergab sich nicht so ein deutliches Bild. Erst bei der Betrachtung der Amplitudendifferenzen zwischen der emotionalen und der neutralen Bedingung fand sich für die Patienten mit „unsystematischer“ und mit „systematischer“ Schizophrenie eine signifikant geringere Amplitudendifferenz als für die Kontrollgruppe, die Patienten mit „Zykloiden Psychosen“ unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrollgruppe. Eine Interpretation ist schwierig, da in das Differenzmaß beide Bedingungen mit eingingen und somit der Anteil beider Bedingungen nicht abgeschätzt werden kann. Unklar bleibt auch, welche unterschiedliche Bedeutung die Komponenten P3 und P4 in diesem Paradigma haben.

Die neuropsychologische Testung zeigte, dass schizophrene Patienten (ICD-10) signifikant schlechtere Leistungen im Bereich des figuralen und verbalen Gedächtnisses aufwiesen als gesunde Kontrollpersonen. Ebenso erzielten die

schizophrenen Patienten eine geringere Anzahl insgesamt bearbeiteter und richtig markierter Items als die Kontrollgruppe in der Aufgabe zur Messung der Daueraufmerksamkeit. In den Bereichen des Arbeitsgedächtnisses und der prämorbidem Intelligenz schnitten die schizophrenen Patienten genauso gut ab wie die Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit Vorbefunden, die für schizophrene Patienten ein Defizit im Bereich der Aufmerksamkeit (Cornblatt & Keilp, 1994) und des Gedächtnis (Fleming et al., 1997; Goldberg et al., 1993; Riley et al., 2000) beschreiben. Die Unterteilung der Patienten nach Leonhard ergab ebenso keine Unterschiede im Bereich der prämorbidem Intelligenz und des Arbeitsgedächtnisses, jedoch für die Aufmerksamkeit und das verbale Gedächtnis. Die diagnostischen Untergruppen unterschieden sich in diesen Aufgaben nicht signifikant voneinander.

Da die Patienten in dieser Untersuchung keine defizitäre Emotionsdekodierung aufwiesen, wurde die in Voruntersuchungen (Übersichtsarbeit: Green, 1996) beschriebene Assoziation zwischen Emotionsdekodierung und neuropsychologischer Leistung nicht weiter betrachtet.

3.4.4. Ausblick

Diese Arbeit hat gezeigt, dass sich mit Hilfe ereigniskorrelierter Potentiale (N170-Komponente) der Prozess der Gesichtsverarbeitung gut darstellen lässt. Die Anwendung der Methode der EKPs für die weitere Erforschung der Gesichtsverarbeitung scheint somit vernünftig und auch in den verschiedensten Bereichen Erfolg versprechend. Neben der Erforschung der Defizite schizophrener Patienten in der Gesichtsverarbeitung im Verlauf der Erkrankung und der Bedeutung dieser Defizite für die Emotionserkennung, könnte die Erhebung der N170-Komponente bei anderen Erkrankungen, wie Autismus, wichtige Erkenntnisse liefern. Die Grenzen der Methode der EKPs zeigten sich in dieser Arbeit bei der Unterscheidung verschiedener emotionaler Gesichtsausdrücke. Mit Hilfe der EKP-Parameter konnte dieser Prozess der Emotionsdekodierung nicht reliabel abgebildet werden. Im Hinblick auf einige veröffentlichte Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen verdeutlicht diese Arbeit aber auch den Wert, eigene Ergebnisse zu replizieren.

Bezüglich der Defizite in der Emotionsdekodierung schizophrener Patienten hat sich in dieser Arbeit dennoch ein interessanter Befund ergeben, der weiter beachtet werden sollte. Schizophrene Patienten bewerten neutrale Reize über. Dieses

Ergebnis wurde schon vereinzelt in anderen Arbeiten berichtet, wurde aber in der bisherigen Forschung zu den Defiziten in der Emotionserkennung meines Erachtens zu wenig berücksichtigt.

4. Literaturverzeichnis

- Addington, J. & Addington, D. (1998). Facial affect recognition and information processing in schizophrenia and bipolar disorder. *Schizophrenia research*, 32(3), 171-181.
- Adelmann, P. K. & Zajonc, R. B. (1989). Facial efference and the experience of emotion. *Annual Review of Psychology*, 40, 249-280.
- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H. & Damasio, A. (1994). Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 372(6507), 669-672.
- Adolphs, R., Tranel, D., Hamann, S., Young, A. W., Calder, A. J., Phelps, E. A., Anderson, A., Lee, G. P. & Damasio, A. R. (1999). Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. *Neuropsychologia*, 37(10), 1111-1117.
- Archer, J., Hay, D. C. & Young, A. W. (1992). Face processing in psychiatric conditions. *British Journal of Clinical Psychology*, 31(1), 45-61.
- Archer, J., Hay, D. C. & Young, A. W. (1994). Movement, face processing, and schizophrenia: Evidence of a differential deficit in expression analysis. *British Journal of Clinical Psychology*, 33(4), 517-528.
- Beckmann, H., Fritze, J. & Lanczik, M. (1990). Prognostic validity of the cycloid psychoses: A prospective follow-up study. *Psychopathology*, 23(4-6), 205-211.
- Bellack, A. S., Blanchard, J. J. & Mueser, K. T. (1996). Cue availability and affect perception in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 22(3), 535-544.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E. & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(6), 551-565.
- Bentin, S., Sagiv, N., Mecklinger, A., Friederici, A. & vonCramon, Y., D. (2002). Priming visual face-processing mechanisms: electrophysiological evidence. *Psychological Science*, 13(2), 190-193.
- Berenbaum, H. & Oltmanns, T. F. (1992). Emotional experience and expression in schizophrenia and depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 101(1), 37-44.

- Bernat, E., Bunce, S. & Shevrin, H. (2001). Event-related brain potentials differentiate positive and negative mood adjectives during both supraliminal and subliminal visual processing. *International Journal of Psychophysiology*, 42(1), 11-34.
- Bland, B. H. & Colom, L. V. (1993). Extrinsic and intrinsic properties underlying oscillation and synchrony in limbic cortex. *Progress in Neurobiology*, 41(2), 157-208.
- Borod, J. C., Martin, C. C., Alpert, M., Brozgold, A. & Welkowitz, J. (1993). Perception of facial emotion in schizophrenic and right brain-damaged patients. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 181(8), 494-502.
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bötzel, K. & Grüsser, O. J. (1989). Electric brain potentials evoked by pictures of faces and non-faces: a search for 'face-specific' EEG-potentials. *Experimental Brain Research*, 77(2), 349-360.
- Bötzel, K., Schulze, S. & Stodieck, S. R. (1995). Scalp topography and analysis of intracranial sources of face-evoked potentials. *Experimental brain research*, 104(1), 135-143.
- Breiter, H. C., Etcoff, N. L., Whalen, P. J., Kennedy, W. A., Rauch, S. L., Buckner, R. L., Strauss, M. M., Hyman, S. E. & Rosen, B. R. (1996). Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron*, 17(5), 875-887.
- Brickenkamp, R. (1994). *Aufmerksamkeits-Belastungs-Test d2*. Bern: Hogrefe Testzentrale.
- 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. & Hadley, D. (1998). Face processing impairments after encephalitis: amygdala damage and recognition of fear. *Neuropsychologia*, 36(1), 59-70.
- Bruce, V. (1986). Influences of familiarity on the processing of faces. *Perception*, 15(4), 387-397.
- Bruce, V. & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77(3), 305-327.
- Bruce, V. & Young, A., W. (1998). A theoretical perspective for understanding face recognition. In A. W. Young (Ed.), *Face and Mind* (pp. 96-130). Oxford: Oxford University Press.

- Bruyer, R., Laterre, C., Seron, X., Feyereisen, P., Strypstein, E., Pierrard, E. & Rectem, D. (1983). A case of prosopagnosia with some preserved covert remembrance of familiar faces. *Brain and Cognition*, 2(3), 257-284.
- Bryson, G., Bell, M., Kaplan, E., Greig, T. & Lysaker, P. (1998). Affect recognition in deficit syndrome schizophrenia. *Psychiatry Research*, 77(2), 113-120.
- Bryson, G., Bell, M. & Lysaker, P. (1997). Affect recognition in schizophrenia: a function of global impairment or a specific cognitive deficit. *Psychiatry Research*, 71(2), 105-113.
- Buck, S. (1988). The perception of facial expression: Individual regulation and social coordination. In T. R. Alley (Ed.), *Social and applied aspects of perceiving faces* (pp. 141-165). Hillsdale: Erlbaum.
- Butler, P. D., Schechter, I., Zemon, V., Schwartz, S. G., Greenstein, V. C., Gordon, J., Schroeder, C. E. & Javitt, D. C. (2001). Dysfunction of early-stage visual processing in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 158(7), 1126-1133.
- Calder, A. J., Burton, A. M., Miller, P., Young, A. W. & Akamatsu, S. (2001). A principal component analysis of facial expressions. *Vision Research*, 41(9), 1179-1208.
- Cappella, J. N. (1993). The facial feedback hypothesis in human interaction: Review and speculation. *Journal of Language & Social Psychology*, 12(1-2), 13-29.
- Carmel, D. & Bentin, S. (2002). Domain specificity versus expertise: factors influencing distinct processing of faces. *Cognition*, 83(1), 1-29.
- Carretie, L. & Iglesias, J. (1995). An ERP study on the specificity of facial expression processing. *International Journal of Psychophysiology*, 19(3), 183-192.
- Carretie, L., Iglesias, J. & Bardo, C. (1998). Parietal N300 elicited by emotional visual stimulation. *Journal of Psychophysiology*, 12(4), 376-383.
- Carretie, L., Iglesias, J. & Garcia, T. (1997). A study of the emotional processing of visual stimuli through event-related potentials. *Brain & Cognition*, 34(2), 207-217.
- Carretié, L., Iglesias, J., García, T. & Ballesteros, M. (1996). N300, P300 and the emotional processing of visual stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 103(2), 298-303.
- Cauquil, A. S., Edmonds, G. E. & Taylor, M. J. (2000). Is the face-sensitive N170 the only ERP not affected by selective attention? *Neuroreport*, 11(10), 2167-2171.

- Chao, L. L., Haxby, J. V. & Martin, A. (1999a). Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing about objects. *Nature Neuroscience*, 2(10), 913-919.
- Chao, L. L., Martin, A. & Haxby, J. V. (1999b). Are face-responsive regions selective only for faces? *Neuroreport*, 10(14), 2945-2950.
- Clark, V. P., Keil, K., Maisog, J. M., Courtney, S., Ungerleider, L. G. & Haxby, J. V. (1996). Functional magnetic resonance imaging of human visual cortex during face matching: a comparison with positron emission tomography. *NeuroImage*, 4(1), 1-15.
- Cornblatt, B. A. & Keilp, J. G. (1994). Impaired attention, genetics, and the pathophysiology of schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 20, 31-46.
- Corrigan, P. W., Garman, A. & Nelson, D. (1996). Situational feature recognition in schizophrenic outpatients. *Psychiatry Research*, 62(3), 251-257.
- Corrigan, P. W. & Nelson, D. R. (1998). Factors that affect social cue recognition in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 78(3), 189-196.
- Corrigan, P. W. & Toomey, R. (1995). Interpersonal problem solving and information processing in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 21(3), 395-403.
- Corrigan, P. W., Wallace, C. J. & Green, M. F. (1992). Deficits in social schemata in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 8(2), 129-135.
- Cramer, P., Weegmann, M. & O'Neil, M. (1989). Schizophrenia and the perception of emotions. How accurately do schizophrenics judge the emotional states of others? *British Journal of Psychiatry*, 155, 225-228.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N. & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 52(2), 95-111.
- Cutting, J. (1981). Judgement of emotional expression in schizophrenics. *British Journal of Psychiatry*, 139, 1-6.
- David, A. S. & Cutting, J. C. (1990). Affect, affective disorder and schizophrenia. A neuropsychological investigation of right hemisphere function. *British Journal of Psychiatry*, 156, 491-495.
- de Bonis, M., De Boeck, P., Pérez-Díaz, F. & Nahas, M. (1999). A two-process theory of facial perception of emotions. *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*, 322(8), 669-675.

- Debruille, J. B., Guillem, F. & Renault, B. (1998). ERPs and chronometry of face recognition: following-up Seeck et al. and George et al. *Neuroreport*, 9(15), 3349-3353.
- Diedrich, O., Naumann, E., Maier, S. & Becker, G. (1997). A frontal positive slow wave in the ERP associated with emotional slides. *Journal of Psychophysiology*, 11(1), 71-84.
- Dimberg, U. (1982). Facial reactions to facial expressions. *Psychophysiology*, 19(6), 643-647.
- Dimberg, U. (1988). Facial electromyography and the experience of emotion. *Journal of Psychophysiology*, 2(4), 277-282.
- Dimberg, U. & Oehman, A. (1996). Behold the wrath: Psychophysiological responses to facial stimuli. *Motivation & Emotion*, 20(2), 149-182.
- Doniger, G. M., Foxe, J. J., Murray, M. M., Higgins, B. A. & Javitt, D. C. (2002). Impaired visual object recognition and dorsal/ventral stream interaction in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 59(11), 1011-1020.
- Dougherty, F. E., Bartlett, E. S. & Izard, C. E. (1974). Responses of schizophrenics to expressions of the fundamental emotions. *Journal of Clinical Psychology*, 30(3), 243-246.
- Duclos, S. E., Laird, J. D., Schneider, E., Sexter, M., Stern, L. & Van Lighten, O. (1989). Emotion-specific effects of facial expressions and postures on emotional experience. *Journal of Personality & Social Psychology*, 57(1), 100-108.
- Dworkin, R. H., Clark, S. C., Amador, X. F. & Gorman, J. M. (1996). Does affective blunting in schizophrenia reflect affective deficit or neuromotor dysfunction? *Schizophrenia Research*, 20(3), 301-306.
- Dworkin, R. H., Cornblatt, B. A., Friedmann, R., Kaplansky, L. M., Lewis, J. A., Rinaldi, A., Shilliday, C. & Erlenmeyer-Kimling, L. (1993). Childhood precursors of affective vs. social deficits in adolescents at risk for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 19(3), 563-577.
- Earnst, K. S., Kring, A. M., Kadar, M. A., Salem, J. E., Shepard, D. A. & Loosen, P. T. (1996). Facial expression in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 40(6), 556-558.

- Edwards, J., Jackson, H. J. & Pattison, P. E. (2002). Emotion recognition via facial expression and affective prosody in schizophrenia: a methodological review. *Clinical Psychology Review, 22*(6), 789-832.
- Edwards, J., Pattison, P. E., Jackson, H. J. & Wales, R. J. (2001). Facial affect and affective prosody recognition in first-episode schizophrenia. *Schizophrenia Research, 48*(2-3), 235-253.
- Ehlis, A.-C., Zielasek, J., Herrmann, M. J., Ringel, T., Jacob, C., Wagener, A. & Fallgatter, A. (zur Publikation eingereicht). Cycloid psychoses differ from schizophrenias in term of prefrontal brain function.
- Eimer, M. (1998). Does the face-specific N170 component reflect the activity of a specialized eye processor? *Neuroreport, 9*(13), 2945-2948.
- Eimer, M. (2000). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *Neuroreport, 11*(10), 2319-2324.
- Eimer, M. & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Neuroreport, 13*(4), 427-431.
- Eimer, M. & McCarthy, R. A. (1999). Prosopagnosia and structural encoding of faces: evidence from event-related potentials. *Neuroreport, 10*(2), 255-259.
- Ekman, P. & Friesen, W. V. (1976). *Pictures of Facial Affect*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Ellsworth, P. C. & Tourangeau, R. (1981). On our failure to disconfirm what nobody ever said. *Journal of Personality & Social Psychology, 40*(2), 363-369.
- Fallgatter, A. J., Bartsch, A. J. & Herrmann, M. J. (2002). Electrophysiological measurements of anterior cingulate function. *Journal of Neural Transmission, 109*(5-6), 977-988.
- Fallgatter, A. J., Bartsch, A. J., Zielasek, J. & Herrmann, M. J. (Zur Publikation angenommen). Brain electrical dysfunction of the anterior cingulate in schizophrenic patients. *Psychiatry Research: Neuroimaging*.
- Fallgatter, A. J. & Müller, T. J. (2001). Electrophysiological signs of reduced prefrontal response control in schizophrenic patients. *Psychiatry Research, 107*(1), 19-28.
- Feinberg, T. E., Rifkin, A., Schaffer, C. & Walker, E. (1986). Facial discrimination and emotional recognition in schizophrenia and affective disorders. *Archives of General Psychiatry, 43*(3), 276-279.

- Flack, W. F., Jr., Laird, J. D. & Cavallaro, L. A. (1999a). Emotional expression and feeling in schizophrenia: effects of specific expressive behaviors on emotional experiences. *Journal of Clinical Psychology*, 55(1), 1-20.
- Flack, W. F., Jr., Laird, J. D. & Cavallaro, L. A. (1999b). Separate and combined effects of facial expressions and bodily postures on emotional feelings. *European Journal of Social Psychology*, 29(2-3), 203-217.
- Fleming, K., Goldberg, T. E., Binks, S., Randolph, C., Gold, J. M. & Weinberger, D. R. (1997). Visuospatial working memory in patients with schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 41, 43-49.
- Frommann, N., Streit, M. & Wölwer, W. (2003). Remediation of facial affect recognition impairments in patients with schizophrenia: a new training program. *Psychiatry research*, 117(3), 281-4.
- Gaebel, W. & Woelwer, W. (1992). Facial expression and emotional face recognition in schizophrenia and depression. *European Archives of Psychiatry & Clinical Neuroscience*, 242(1), 46-52.
- Garfield, D. A., Rogoff, M. L. & Steinberg, S. (1987). Affect recognition and self-esteem in schizophrenia. *Psychopathology*, 20(5), 225-233.
- Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C. & Anderson, A. W. (2000). Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature neuroscience*, 3(2), 191-7.
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P. & Gore, J. C. (1999). Activation of the middle fusiform "face area" increases with expertise in recognizing novel objects. *Nature Neuroscience*, 2(6), 568-573.
- George, N., Dolan, R. J., Fink, G. R., Baylis, G. C., Russell, C. & Driver, J. (1999). Contrast polarity and face recognition in the human fusiform gyrus. *Nature Neuroscience*, 2(6), 574-580.
- Gessler, S., Cutting, J., Frith, C. D. & Weinman, J. (1989). Schizophrenic inability to judge facial emotion: A controlled study. *British Journal of Clinical Psychology*, 28(1), 19-29.
- Goldberg, J. O. & Schmidt, L. A. (2001). Shyness, sociability, and social dysfunction in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 48(2-3), 343-349.
- Goldberg, T. E., Gold, J. M., Greenberg, R., Griffin, S., Schulz, S. C., Pickar, D., Kleinman, J. E. & Weinberger, D. R. (1993). Contrasts between patients with

- affective disorders and patients with schizophrenia on a neuropsychological test battery. *American Journal of Psychiatry*, 150, 1355-1362.
- Graham, R. & Cabeza, R. (2001). Event-related potentials of recognizing happy and neutral faces. *Neuroreport*, 12(2), 245-248.
- Green, M. F. (1996). What are the functional consequences of neurocognitive deficits in schizophrenia? *American Journal of Psychiatry*, 153(3), 321-330.
- Gur, R. E., McGrath, C., Chan, R. M., Schroeder, L., Turner, T., Turetsky, B. I., Kohler, C., Alsop, D., Maldjian, J., Ragland, J. D. & Gur, R. C. (2002). An fMRI study of facial emotion processing in patients with schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 159(12), 1992-1999.
- Halgren, E., Dale, A. M., Sereno, M. I., Tootell, R. B., Marinkovic, K. & Rosen, B. R. (1999). Location of human face-selective cortex with respect to retinotopic areas. *Human Brain Mapping*, 7(1), 29-37.
- Hans, S. L., Auerbach, J. G., Asarnow, J. R., Styr, B. & Marcus, J. (2000). Social adjustment of adolescents at risk for schizophrenia: the Jerusalem Infant Development Study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 39(11), 1406-1414.
- Härting, C., Markowitsch, H. J., Neufeld, H., Calabrese, P., Deisinger, K. & Kessler, J. (2000). *Wechsler Gedächtnis Test - Revidierte Fassung, WMS-R*. Bern: Hogrefe Testzentrale.
- Hatfield, E., Hsee, C. K., Costello, J., Weisman, M. S. & Denney, C. (1995). The impact of vocal feedback on emotional experience and expression. *Journal of Social Behavior & Personality*, 10(2), 295-312.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological Psychiatry*, 51(1), 59-67.
- Heimberg, C., Gur, R. E., Erwin, R. J., Shtasel, D. L. & Gur, R. C. (1992). Facial emotion discrimination: III. Behavioral findings in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 42(3), 253-265.
- Hellewell, J. S. E., Connell, J. & Deakin, J. F. W. (1994). Affect judgement and facial recognition memory in schizophrenia. *Psychopathology*, 27(3-5), 255-261.
- Hellewell, J. S. E. & Whittaker, J. F. (1998). Affect perception and social knowledge in schizophrenia. In K. T. Mueser & N. Tarrier (Eds.), *Handbook of social functioning in schizophrenia*. Needham Heights: Allyn & Bacon.

- Herrmann, M. J., Aranda, D., Ellgring, H., Mueller, T. J., Strik, W. K., Heidrich, A. & Fallgatter, A. J. (2002). Face-specific event-related potential in humans is independent from facial expression. *International Journal of Psychophysiology*, 45(3), 241-244.
- Herrmann, M. J., Ehlis, A.-C. & Fallgatter, A. J. (zur Publikation angenommen). Prefrontal activation through task requirements of emotional induction measured with NIRS. *Biological Psychology*.
- Herrmann, M. J., Ellgring, H. & Fallgatter, A. J. (zur Publikation eingereicht). Dysfunction of Early-Stage Face Processing in Schizophrenias.
- Herrmann, M. J. & Fallgatter, A. J. (zur Publikation eingereicht). Visual oddball paradigm: stability of topographical descriptors and source localization (LORETA) of the P300 component.
- Hess, U. & Blairy, S. (2001). Facial mimicry and emotional contagion to dynamic emotional facial expressions and their influence on decoding accuracy. *International Journal of Psychophysiology*, 40(2), 129-141.
- Hess, U., Philippot, P. & Blairy, S. (1998). Facial reactions to emotional facial expressions: Affect or cognition? *Cognition & Emotion*, 12(4), 509-531.
- Hess, U., Philippot, P. & Blairy, S. (1999). Mimicry: Facts and fiction. In P. Philippot & R. S. Feldman (Eds.), *The social context of nonverbal behavior*. (pp. 213-240). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hoffman, E. A. & Haxby, J. V. (2000). Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature neuroscience*, 3(1), 80-84.
- Hsee, C. K., Hatfield, E. & Chemtob, C. (1992). Assessments of the emotional states of others: Conscious judgments versus emotional contagion. *Journal of Social & Clinical Psychology*, 11(2), 119-128.
- Ihnen, G. H., Penn, D. L., Corrigan, P. W. & Martin, J. (1998). Social perception and social skill in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 80(3), 275-286.
- Ito, M., Shiragata, M., Kanno, M., Mori, Y., Hoshino, K. & Niwa, S. (1998). Social cue perception in Japanese schizophrenic patients. *Schizophrenia Research*, 34(1-2), 113-119.
- Izard, C. E. (1990). Facial expressions and the regulation of emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(3), 487-498.

- Jabs, B. E., Pfulmann, B., Bartsch, A. J., Cetkovich-Bakmas, M. G. & Stöber, G. (2002). Cycloid psychoses -- from clinical concepts to biological foundations. *Journal of Neural Transmission*, 109(5-6), 907-919.
- Jeffreys, D. A. (1989). A face-responsive potential recorded from the human scalp. *Experimental Brain Research*, 78(1), 193-202.
- Jeffreys, D. A. & Tukmachi, E. S. (1992). The vertex-positive scalp potential evoked by faces and by objects. *Experimental Brain Research*, 91(2), 340-350.
- Johnstone, E. C., Macmillan, J. F., Frith, C. D., Benn, D. K. & Crow, T. J. (1990). Further investigation of the predictors of outcome following first schizophrenic episodes. *British Journal of Psychiatry*, 157, 182-189.
- Joseph, P. L., Sturgeon, D. A. & Leff, J. (1992). The perception of emotion by schizophrenic patients. *British Journal of Psychiatry*, 161, 603-609.
- Kanwisher, N. (2000). Domain specificity in face perception. *Nature Neuroscience*, 3(8), 759-763.
- Kanwisher, N., McDermott, J. & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17(11), 4302-4311.
- Kay, S. R., Opler, L. L. & Fiszbein, A. (1999). *Structured Clinical Interview for the Positive and Negative Syndrome Scale: SCI-PANSS*. (Vol. Toronto): Multi-Health Systems.
- Kee, K. S., Kern, R. S. & Green, M. F. (1998a). Perception of emotion and neurocognitive functioning in schizophrenia: what's the link? *Psychiatry Research*, 81(1), 57-65.
- Kee, K. S., Kern, R. S., Marshall, B. D., Jr. & Green, M. F. (1998b). Risperidone versus haloperidol for perception of emotion in treatment-resistant schizophrenia: preliminary findings. *Schizophrenia Research*, 31(2-3), 159-165.
- Keil, A., Müller, M. M., Gruber, T., Wienbruch, C. & Elbert, T. (2001a). Human large-scale oscillatory brain activity during an operant shaping procedure. *Brain research. Cognitive brain research*, 12(3), 397-407.
- Keil, A., Müller, M. M., Gruber, T., Wienbruch, C., Stolarova, M. & Elbert, T. (2001b). Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: a study of oscillatory brain activity and event-related potentials. *Clinical neurophysiology : official*

- Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 112(11), 2057-68.
- Kestenbaum, R. & Nelson, C. A. (1992). Neural and behavioral correlates of emotion recognition in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54(1), 1-18.
- Kline, J. S., Smith, J. E. & Ellis, H. C. (1992). Paranoid and nonparanoid schizophrenic processing of facially displayed affect. *Journal of Psychiatric Research*, 26(3), 169-182.
- Koenig, T. & Lehmann, D. (1996). Microstates in language-related brain potential maps show noun-verb differences. *Brain and Language*, 53(2), 169-182.
- Kring, A. M., Kerr, S. L. & Earnst, K. S. (1999). Schizophrenic patients show facial reactions to emotional facial expressions. *Psychophysiology*, 36(2), 186-192.
- Kring, A. M. & Neale, J. M. (1996). Do schizophrenic patients show a disjunctive relationship among expressive, experiential, and psychophysiological components of emotion? *Journal of Abnormal Psychology*, 105(2), 249-257.
- Krolak-Salmon, P., Fischer, C., Vighetto, A. & Mauguière, F. (2001). Processing of facial emotional expression: spatio-temporal data as assessed by scalp event-related potentials. *European Journal of Neuroscience*, 13(5), 987-994.
- Kurucz, J. & Feldmar, G. (1979). Prosopo-affective agnosia as a symptom of cerebral organic disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 27(5), 225-230.
- Laird, J. D., Alibozak, T., Davainis, D., Deignan, K. (1994). Individual differences in the effects of spontaneous mimicry on emotional contagion. *Motivation & Emotion*, 18(3), 231-247.
- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1999). *International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and affective Ratings*. Gainesville: Center for Research in Psychophysiology.
- Laurian, S., Bader, M., Lanares, J. & Oros, L. (1991). Topography of event-related potentials elicited by visual emotional stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 10(3), 231-238.
- Lee, C. U., Shenton, M. E., Salisbury, D. F., Kasai, K., Onitsuka, T., Dickey, C. C., Yurgelun-Todd, D., Kikinis, R., Jolesz, F. A. & McCarley, R. W. (2002). Fusiform gyrus volume reduction in first-episode schizophrenia: a magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry*, 59(9), 775-781.

- Leentjens, A. F., Wielaert, S. M., van Harskamp, F. & Wilmink, F. W. (1998). Disturbances of affective prosody in patients with schizophrenia; a cross sectional study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 64(3), 375-378.
- Lehmann, D. (1992). Auswertung des evozierten Potential- oder ereigniskorrelierten Potential-Mappings. *Zeitschrift für Elektroencephalographie*, 23, 1-11.
- Lehrl, S., Merz, J., Burkhard, G. & Fischer, S. (1991). *Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest*. Bern: Hogrefe Testzentrale.
- Lenzenweger, M. F. & Dworkin, R. H. (1996). The dimensions of schizophrenia phenomenology. Not one or two, at least three, perhaps four. *British Journal of Psychiatry*, 168(4), 432-440.
- Lenzenweger, M. F., Dworkin, R. H. & Wethington, E. (1991). Examining the underlying structure of schizophrenic phenomenology: evidence for a three-process model. *Schizophrenia Bulletin*, 17(3), 515-524.
- Leonhard, K. (1991). *Differenzierte Diagnostik der endogenen Psychosen, abnormen Persönlichkeitsstrukturen und neurotischen Entwicklungen*. Berlin: Gesundheit.
- Levy, I., Hasson, U., Avidan, G., Hendler, T. & Malach, R. (2001). Center-periphery organization of human object areas. *Nature Neuroscience*, 4(5), 533-539.
- Lewis, S. F. & Garver, D. L. (1995). Treatment and diagnostic subtype in facial affect recognition in schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, 29(1), 5-11.
- Lieberman, R. P., Mueser, K. T., Wallace, C. J., Jacobs, H. E., Eckman, T. & Massel, H. K. (1986). Training skills in the psychiatrically disabled: learning coping and competence. *Schizophrenia Bulletin*, 12(4), 631-647.
- Linkenkaer-Hansen, K., Palva, J. M., Sams, M., Hietanen, J. K., Aronen, H. J. & Ilmoniemi, R. J. (1998). Face-selective processing in human extrastriate cortex around 120 ms after stimulus onset revealed by magneto- and electroencephalography. *Neuroscience Letters*, 253(3), 147-150.
- Liu, J., Harris, A. & Kanwisher, N. (2002). Stages of processing in face perception: an MEG study. *Nature Neuroscience*, 5(9), 910-916.
- Loughland, C. M., Williams, L. M. & Gordon, E. (2002a). Schizophrenia and affective disorder show different visual scanning behavior for faces: a trait versus state-based distinction? *Biological Psychiatry*, 52(4), 338-348.

- Loughland, C. M., Williams, L. M. & Gordon, E. (2002b). Visual scanpaths to positive and negative facial emotions in an outpatient schizophrenia sample. *Schizophrenia Research*, 55(1-2), 159-170.
- Lundqvist, L.-O. & Dimberg, U. (1995). Facial expressions are contagious. *Journal of Psychophysiology*, 9(3), 203-211.
- Maddock, R. J. (1999). The retrosplenial cortex and emotion: new insights from functional neuroimaging of the human brain. *Trends in Neurosciences*, 22(7), 310-316.
- Maddock, R. J., Garrett, A. S. & Buonocore, M. H. (2003). Posterior cingulate cortex activation by emotional words: fMRI evidence from a valence decision task. *Human Brain Mapping*, 18(1), 30-41.
- Mandal, M. K., Jain, A., Haque-Nizamie, S., Weiss, U. & Schneider, F. (1999). Generality and specificity of emotion-recognition deficit in schizophrenic patients with positive and negative symptoms. *Psychiatry Research*, 87(1), 39-46.
- Mandal, M. K. & Palchoudhury, S. (1989). Identifying the components of facial emotion and schizophrenia. *Psychopathology*, 22(6), 295-300.
- Mandal, M. K., Pandey, R. & Prasad, A. B. (1998). Facial expressions of emotions and schizophrenia: a review. *Schizophrenia Bulletin*, 24(3), 399-412.
- Mandal, M. K. & Rai, A. (1987). Responses to facial emotion and psychopathology. *Psychiatry Research*, 20(4), 317-323.
- Manstead, A. S. R. (1988). The role of facial movement in emotion. In H. L. Wagner (Ed.), *Social psychophysiology and emotion: Theory and clinical applications* : John Wiley & Sons.
- Mattes, R. M., Schneider, F., Heimann, H. & Birbaumer, N. (1995). Reduced emotional response of schizophrenic patients in remission during social interaction. *Schizophrenia Research*, 17(3), 249-255.
- McCarthy, G., Puce, A., Gore, J. C. & Allison, T. (1997). Face-specific processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(5), 605-610.
- McIntosh, D. N. (1996). Facial feedback hypotheses: Evidence, implications, and directions. *Motivation & Emotion*, 20(2), 121-147.
- Michel, C. M., Grave de Peralta, R., Lantz, G., Gonzalez Andino, S., Spinelli, L., Blanke, O., Landis, T. & Seeck, M. (1999). Spatiotemporal EEG analysis and

- distributed source estimation in presurgical epilepsy evaluation. *Journal of clinical neurophysiology*, 16(3), 239-266.
- Monti, P. M. & Fingeret, A. L. (1987). Social perception and communication skills among schizophrenics and nonschizophrenics. *Journal of Clinical Psychology*, 43(2), 197-205.
- Morris, J. S., Frith, C. D., Perrett, D. I., Rowland, D., Young, A. W., Calder, A. J. & Dolan, R. J. (1996). A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*, 383(6603), 812-815.
- Morrison, R. L., Bellack, A. S. & Mueser, K. T. (1988). Deficits in facial-affect recognition and schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 14(1), 67-83.
- Mueser, K. T., Bellack, A. S., Douglas, M. S. & Wade, J. H. (1991). Prediction of social skill acquisition in schizophrenic and major affective disorder patients from memory and symptomatology. *Psychiatry Research*, 37(3), 281-296.
- Mueser, K. T., Bellack, A. S., Wade, J. H., Sayers, S. L., Tierney, A. & Haas, G. (1993). Expressed emotion, social skill, and response to negative affect in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 102(3), 339-351.
- Mueser, K. T., Doonan, R., Penn, D. L., Blanchard, J. J., Bellack, A. S., Nishith, P. & DeLeon, J. (1996). Emotion recognition and social competence in chronic schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 105(2), 271-275.
- Müller, M. M., Keil, A., Gruber, T. & Elbert, T. (1999). Processing of affective pictures modulates right-hemispheric gamma band EEG activity. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 110(11), 1913-20.
- Muzekari, L. H. & Bates, M. E. (1977). Judgment of emotion among chronic schizophrenics. *Journal of Clinical Psychology*, 33(3), 662-666.
- Naumann, E., Bartussek, D., Diedrich, O. & Laufer, M. E. (1992). Assessing cognitive and affective information processing functions of the brain by means of the late positive complex of the event-related potential. *Journal of Psychophysiology*, 6(4), 285-298.
- Nelson, C. A. & Nugent, K. M. (1990). Recognition memory and resource allocation as revealed by children's event-related potential responses to happy and angry faces. *Developmental Psychology*, 26(2), 171-179.

- Novic, J., Luchins, D. J. & Perline, R. (1984). Facial affect recognition in schizophrenia. Is there a differential deficit? *British Journal of Psychiatry*, *144*, 533-537.
- Onitsuka, T., Shenton, M. E., Kasai, K., Nestor, P. G., Toner, S. K., Kikinis, R., Jolesz, F. A. & McCarley, R. W. (2003). Fusiform gyrus volume reduction and facial recognition in chronic schizophrenia. *Archives of general psychiatry*, *60*(4), 349-55.
- Orozco, S. & Ehlers, C. L. (1998). Gender differences in electrophysiological responses to facial stimuli. *Biological Psychiatry*, *44*(4), 281-289.
- Palomba, D., Angrilli, A. & Mini, A. (1997). Visual evoked potentials, heart rate responses and memory to emotional pictorial stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, *27*(1), 55-67.
- Parry, F. M., Young, A. W., Saul, J. S. & Moss, A. (1991). Dissociable face processing impairments after brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *13*(4), 545-558.
- Pascual-Marqui, R. D., Esslen, M., Kochi, K. & Lehmann, D. (2002). Functional imaging with low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review. *Methods and findings in experimental and clinical pharmacology*, *24*, 91-95.
- Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M. & Lehmann, D. (1994). Low resolution electromagnetic tomography: a new method for localizing electrical activity in the brain. *International Journal of Psychophysiology*, *18*(1), 49-65.
- Paulus, M. P., Hozack, N., Frank, L. & Brown, G. G. (2002). Error rate and outcome predictability affect neural activation in prefrontal cortex and anterior cingulate during decision-making. *NeuroImage*, *15*(4), 836-846.
- Penn, D. L., Combs, D. R., Ritchie, M., Francis, J., Cassisi, J., Morris, S. & Townsend, M. (2000). Emotion recognition in schizophrenia: further investigation of generalized versus specific deficit models. *Journal of Abnormal Psychology*, *109*(3), 512-516.
- Penn, D. L., Spaulding, W., Reed, D. & Sullivan, M. (1996). The relationship of social cognition to ward behavior in chronic schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *20*(3), 327-335.

- Perlick, D., Stastny, P., Mattis, S. & Teresi, J. (1992). Contribution of family, cognitive and clinical dimensions to long-term outcome in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 6(3), 257-265.
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, 16(2), 331-48.
- Pizzagalli, D., Koenig, T., Regard, M. & Lehmann, D. (1998). Faces and emotions: brain electric field sources during covert emotional processing. *Neuropsychologia*, 36(4), 323-332.
- Pizzagalli, D., Regard, M. & Lehmann, D. (1999). Rapid emotional face processing in the human right and left brain hemispheres: an ERP study. *Neuroreport*, 10(13), 2691-2698.
- Reitan, R. M. (1979). *Trail-Making-Test*. Bern: Hogrefe Testzentrale.
- Riley, E. M., McGovern, D., Mockler, D., Doku, V. C., Fannon, D. G., Tennakoon, L., Santamaria, M., Soni, W., Morris, R. G. & Sharma, T. (2000). Neuropsychological functioning in first-episode psychosis--evidence of specific deficits. *Schizophrenia Research*, 43, 47-55.
- Ringel, T. (2001). *Neurophysiologie des Sensory Gating bei endogenen Psychosen*. Julius-Maximilians Universität, Würzburg.
- Roschmann, R. & Wittling, W. (1992). Topographic brain mapping of emotion-related hemisphere asymmetries. *International Journal of Neuroscience*, 63(1-2), 5-16.
- Rosen, W. G., Mohs, R. C., Davis, K. L., Ihl, R. & Weyer, G. (1993). *Alzheimer's Disease Assessment Scale, ADAS*. Bern: Hogrefe Testzentrale.
- Ross, E. D., Orbelo, D. M., Cartwright, J., Hansel, S., Burgard, M., Testa, J. A. & Buck, R. (2001). Affective-prosodic deficits in schizophrenia: Profiles of patients with brain damage and comparison with relation to schizophrenic symptoms. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 70(5), 597-604.
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J. M., Crommelinck, M., De Gelder, B. & Zoontjes, R. (2000). Hemispheric asymmetries for whole-based and part-based face processing in the human fusiform gyrus. *Journal of cognitive Neuroscience*, 12(5), 793-802.
- Rossion, B. & Gauthier, I. (2002). How does the brain process upright and inverted faces? *Behavioral & Cognitive Neuroscience Reviews*, 1(1), 63-75.

- Sagiv, N. & Bentin, S. (2001). Structural Encoding of Human and Schematic Faces: Holistic and Part-Based Processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(7), 937-951.
- Salem, J. E., Kring, A. M. & Kerr, S. L. (1996). More evidence for generalized poor performance in facial emotion perception in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 105(3), 480-483.
- Sato, W., Kochiyama, T., Yoshikawa, S. & Matsumura, M. (2001). Emotional expression boosts early visual processing of the face: ERP recording and its decomposition by independent component analysis. *Neuroreport*, 12(4), 709-714.
- Schendan, H. E., Ganis, G. & Kutas, M. (1998). Neurophysiological evidence for visual perceptual categorization of words and faces within 150 ms. *Psychophysiology*, 35(3), 240-251.
- Schneider, F., Gur, R. C., Gur, R. E. & Muenz, L. R. (1994). Standardized mood induction with happy and sad facial expressions. *Psychiatry Research*, 51(1), 19-31.
- Schneider, F., Gur, R. C., Gur, R. E. & Shtasel, D. L. (1995). Emotional processing in schizophrenia: neurobehavioral probes in relation to psychopathology. *Schizophrenia Research*, 17(1), 67-75.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T. & Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: the late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37(2), 257-261.
- Schwartz, B. L., Rosse, R. B., Johri, S. & Deutsch, S. I. (1999). Visual scanning of facial expressions in schizophrenia. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 11(1), 103-106.
- Scott, S. K., Young, A. W., Calder, A. J., Hellawell, D. J., Aggleton, J. P. & Johnson, M. (1997). Impaired auditory recognition of fear and anger following bilateral amygdala lesions. *Nature*, 385(6613), 254-257.
- Seeck, M. & Grüsser, O. J. (1992). Category-related components in visual evoked potentials: photographs of faces, persons, flowers and tools as stimuli. *Experimental Brain Research*, 92(2), 338-349.
- Seeck, M., Michel, C. M., Mainwaring, N., Cosgrove, R., Blume, H., Ives, J., Landis, T. & Schomer, D. L. (1997). Evidence for rapid face recognition from human scalp and intracranial electrodes. *Neuroreport*, 8(12), 2749-2754.

- Senkowski, D. & Herrmann, C. S. (2002). Effects of task difficulty on evoked gamma activity and ERPs in a visual discrimination task. *Clinical Neurophysiology*, 113(11), 1742-1753.
- Shaw, R. J., Dong, M., Lim, K. O., Faustman, W. O., Pouget, E. R. & Alpert, M. (1999). The relationship between affect expression and affect recognition in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 37(3), 245-250.
- Siegmán, A. W. & Boyle, S. (1993). Voices of fear and anxiety and sadness and depression: the effects of speech rate and loudness on fear and anxiety and sadness and depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 102(3), 430-437.
- Skrandies, W. (1998). Evoked potential correlates of semantic meaning--A brain mapping study. *Cognitive Brain Research*, 6(3), 173-183.
- Smid, H. G., Jakob, A. & Heinze, H. J. (1999). An event-related brain potential study of visual selective attention to conjunctions of color and shape. *Psychophysiology*, 36(2), 264-279.
- Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Calder, A. J., Karnat, A., Lange, H., Hömberg, V., Perrett, D. I. & Rowland, D. (1996). Loss of disgust. Perception of faces and emotions in Huntington's disease. *Brain*, 119, 1647-1665.
- Stepper, S. & Strack, F. (1993). Proprioceptive determinants of emotional and nonemotional feelings. *Journal of Personality & Social Psychology*, 64(2), 211-220.
- Stoeber, G. (2001). Genetic predisposition and environmental causes in periodic and systematic catatonia. *European Archives of Psychiatry & Clinical Neuroscience*, 251 (Suppl 1), 21-24.
- Stormark, K. M., Nordby, H. & Hugdahl, K. (1995). Attentional shifts to emotionally charged cues: Behavioural and ERP data. *Cognition & Emotion*, 9(5), 507-523.
- Strack, F., Martin, L. L. & Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: a nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(5), 768-777.
- Strauss, J. S. & Carpenter, W. T., Jr. (1977). Prediction of outcome in schizophrenia. III. Five-year outcome and its predictors. *Archives of General Psychiatry*, 34(2), 159-163.

- Streit, M., Woelwer, W. & Gaebel, W. (1997). Facial-affect recognition and visual scanning behaviour in the course of schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 24(3), 311-317.
- Streit, M., Wölwer, W., Brinkmeyer, J., Ihl, R. & Gaebel, W. (2000). Electrophysiological correlates of emotional and structural face processing in humans. *Neuroscience Letters*, 278(1-2), 13-16.
- Streit, M., Wölwer, W., Brinkmeyer, J., Ihl, R. & Gaebel, W. (2001). EEG-correlates of facial affect recognition and categorisation of blurred faces in schizophrenic patients and healthy volunteers. *Schizophrenia Research*, 49(1-2), 145-155.
- Strik, W. K., Dierks, T., Franzek, E., Maurer, K. & Beckmann, H. (1993). Differences in P300 amplitudes and topography between cycloid psychosis and schizophrenia in Leonhard's classification. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 87(3), 179-183.
- Strik, W. K., Fallgatter, A. J., Stoeber, G., Franzek, E. & Beckmann, H. (1996). Specific P300 features in patients with cycloid psychosis. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 94(6), 471-476.
- Sweet, L. H., Primeau, M., Fichtner, C. G. & Lutz, G. (1998). Dissociation of affect recognition and mood state from blunting in patients with schizophrenia. *Psychiatry Research*, 81(3), 301-308.
- Talairach, J. & Tournoux, P. (1993). *A co-planar stereotaxic atlas of the human brain*. Stuttgart: Thieme.
- Tanaka, J. W. & Curran, T. (2001). A neural basis for expert object recognition. *Psychological science : a journal of the American Psychological Society*, 12(1), 43-7.
- Tarr, M. J. & Gauthier, I. (2000). FFA: a flexible fusiform area for subordinate-level visual processing automatized by expertise. *Nature Neuroscience*, 3(8), 764-769.
- Tien, A. Y. & Eaton, W. W. (1992). Psychopathologic precursors and sociodemographic risk factors for the schizophrenia syndrome. *Archives of General Psychiatry*, 49(1), 37-46.
- Titterton, T. M. (1985). Common structures of smoothing techniques in statistics. *International Statistic Review*, 53, 141-170.

- Toomey, R., Schuldberg, D., Corrigan, P. & Green, M. F. (2002). Nonverbal social perception and symptomatology in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 53(1-2), 83-91.
- Tourangeau, R. & Ellsworth, P. C. (1979). The role of facial response in the experience of emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37(9), 1519-1531.
- Tranel, D., Damasio, A. R. & Damasio, H. (1988). Intact recognition of facial expression, gender, and age in patients with impaired recognition of face identity. *Neurology*, 38(5), 690-696.
- Vanderploeg, R. D., Brown, W. S. & Marsh, J. T. (1987). Judgments of emotion in words and faces: ERP correlates. *International Journal of Psychophysiology*, 5(3), 193-205.
- Walker, E., Marwit, S. J. & Emory, E. (1980). A cross-sectional study of emotion recognition in schizophrenics. *Journal of Abnormal Psychology*, 89(3), 428-436.
- Walker, E., McGuire, M. & Bettles, B. (1984). Recognition and identification of facial stimuli by schizophrenics and patients with affective disorders. *British Journal of Clinical Psychology*, 23(1), 37-44.
- Wallace, C. J. (1984). Community and interpersonal functioning in the course of schizophrenic disorders. *Schizophrenia Bulletin*, 10(2), 233-257.
- Wallbott, H. G. (1991). Recognition of emotion from facial expression via imitation? Some indirect evidence for an old theory. *British Journal of Social Psychology*, 30(Pt 3), 207-219.
- Wallbott, H. G. & Ricci-Bitti, P. (1993). Decoders' processing of emotional facial expression: A top-down or bottom-up mechanism? *European Journal of Social Psychology*, 23(4), 427-443.
- Weltgesundheitsorganisation. (1994). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen. ICD-10*. Göttingen: Hans Huber.
- Whittaker, J. F., Deakin, J. F. & Tomenson, B. (2001). Face processing in schizophrenia: defining the deficit. *Psychological medicine*, 31(3), 499-507.
- Woelwer, W., Streit, M., Polzer, U. & Gaebel, W. (1996). Facial affect recognition in the course of schizophrenia. *European Archives of Psychiatry & Clinical Neuroscience*, 246(3), 165-170.

Young, A. W., McWeeny, K. H., Hay, D. C. & Ellis, A. W. (1986). Matching familiar and unfamiliar faces on identity and expression. *Psychological Research*, 48(2), 63-68.

5. Anhang

Tabelle VV1_1. Prozentuale Zuordnung der emotionalen Gesichtsausdrücke der PFA zu den entsprechenden verbalen Kategorien im ersten Vorversuch

Kodierung	Gesch.	Freude	Trauer	Furcht	Ärger	Überr.	Ekel	Neutral	fehlend
A1_14	Frau	0.00	5.56	8.33	58.33*	2.78	0.00	13.89	11.11
A1_2		8.33	0.00	0.00	2.78	8.33	0.00	80.56*	0.00
A1_24		2.78	0.00	8.33	0.00	88.89*	0.00	0.00	0.00
A1_25		0.00	0.00	2.78	19.44	0.00	75.00*	2.78	0.00
A1_6		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
A2_6		0.00	77.78*	13.89	0.00	5.56	0.00	0.00	2.78
C1_10	Frau	2.78	0.00	5.56	0.00	88.89*	0.00	0.00	2.78
C1_18		2.78	66.67*	11.11	8.33	0.00	11.11	0.00	0.00
C1_23		2.78	0.00	52.78*	16.67	8.33	13.89	0.00	5.56
C1_4		0.00	2.78	0.00	25.00	2.78	55.56*	0.00	13.89
C2_12		0.00	5.56	0.00	61.11*	2.78	0.00	8.33	22.22
C2_18		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C2_3		0.00	8.33	0.00	0.00	5.56	0.00	86.11*	0.00
EM2_11	Mann	0.00	0.00	5.56	0.00	88.89*	0.00	2.78	2.78
EM2_4		2.78	0.00	2.78	0.00	0.00	2.78	88.89*	2.78
EM4_17		0.00	2.78	2.78	25.00	2.78	66.67*	0.00	0.00
EM4_24		2.78	36.11*	5.56	19.44	5.56	13.89	13.89	2.78
EM4_7		97.22*	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00
EM5_14		0.00	0.00	0.00	80.56*	8.33	0.00	5.56	5.56
EM5_21		0.00	0.00	52.78*	5.56	25.00	8.33	5.56	2.78
EM5_24		0.00	5.56	47.22*	8.33	30.56	5.56	0.00	2.78
GS1_16	Mann	8.33	0.00	11.11	0.00	80.56*	0.00	0.00	0.00
JB1_12	Mann	0.00	2.78	11.11	2.78	72.22*	0.00	0.00	11.11
JB1_16		0.00	0.00	0.00	44.44	0.00	55.56*	0.00	0.00
JB1_23		0.00	8.33	5.56	63.89*	0.00	8.33	5.56	8.33
JB1_3		0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	91.67*	0.00
JB1_9		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anmerkungen: Kodierung = Originalkodierung der Gesichtsbilder nach dem PFA; Gesch. = Geschlecht des Darstellers; * gibt die dargestellte Emotion an.

Tabelle VV1_2. Prozentuale Zuordnung der emotionalen Gesichtsausdrücke der PFA zu den entsprechenden verbalen Kategorien im ersten Vorversuch

Kodierung	Gesch.	Freude	Trauer	Furcht	Ärger	Überr.	Ekel	Neutral	fehlend
JJ3_12	Mann	0.00	0.00	11.11	52.78*	22.22	2.78	0.00	11.11
JJ3_20		0.00	2.78	0.00	44.44	0.00	44.44*	8.33	0.00
JJ3_4		0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	97.22*	0.00
JJ4_13		0.00	0.00	13.89	0.00	86.11*	0.00	0.00	0.00
JJ4_7		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JJ4_8		77.78*	0.00	0.00	2.78	5.56	0.00	13.89	0.00
JJ5_13		0.00	0.00	77.78*	2.78	8.33	11.11	0.00	0.00
JJ5_5		0.00	86.11*	2.78	2.78	0.00	2.78	2.78	2.78
MF1_2	Frau	0.00	11.11	2.78	0.00	5.56	0.00	77.78*	2.78
MF1_26		0.00	2.78	77.78*	2.78	2.78	11.11	0.00	2.78
MF1_27		0.00	0.00	80.56*	0.00	2.78	11.11	0.00	5.56
MF1_30		0.00	83.33*	5.56	2.78	0.00	2.78	2.78	2.78
MF1_6		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MF1_9		5.56	0.00	5.56	2.78	83.33*	0.00	0.00	2.78
MF2_13		0.00	0.00	2.78	41.67	0.00	55.56*	0.00	0.00
MF2_5		0.00	8.33	5.56	69.44*	2.78	0.00	13.89	0.00
MF2_7		0.00	0.00	2.78	86.11*	5.56	2.78	0.00	2.78
MO1_14	Frau	0.00	0.00	2.78	2.78	91.67*	2.78	0.00	0.00
MO1_23		0.00	0.00	58.33*	8.33	13.89	16.67	0.00	2.78
MO1_26		0.00	0.00	55.56*	22.22	8.33	13.89	0.00	0.00
MO1_30		0.00	69.44*	0.00	2.78	2.78	0.00	22.22	2.78
MO1_4		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MO1_5		0.00	5.56	0.00	2.78	0.00	0.00	91.67*	0.00
MO2_11		0.00	0.00	2.78	83.33*	8.33	0.00	2.78	2.78
MO2_13		0.00	2.78	2.78	88.89*	2.78	2.78	0.00	0.00
MO2_18		0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	91.67*	0.00	0.00

Anmerkungen: Kodierung = Originalkodierung der Gesichtsbilder nach dem PFA; Gesch. = Geschlecht des Darstellers; * gibt die dargestellte Emotion an.

Tabelle VV1_3. Prozentuale Zuordnung der emotionalen Gesichtsausdrücke der PFA zu den entsprechenden verbalen Kategorien im ersten Vorversuch

Kodierung	Gesch.	Freude	Trauer	Furcht	Ärger	Überr.	Ekel	Neutral	fehlend
NR1_19	Frau	0.00	2.78	72.22*	0.00	19.44	2.78	0.00	2.78
PE2_12	Mann	100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PE2_21		0.00	2.78	2.78	86.11*	0.00	2.78	0.00	5.56
PE2_4		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00*	0.00
PE2_6		66.67*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00
PE3_21		0.00	0.00	83.33*	11.11	2.78	2.78	0.00	0.00
PE4_5		2.78	0.00	0.00	16.67	0.00	69.44*	8.33	2.78
PE5_10		0.00	61.11*	2.78	22.22	0.00	2.78	2.78	8.33
PE5_7		0.00	63.89*	8.33	22.22	0.00	0.00	2.78	2.78
PE6_2		0.00	2.78	5.56	0.00	88.89*	2.78	0.00	0.00
PF1_16	Frau	8.33	0.00	0.00	0.00	91.67*	0.00	0.00	0.00
PF1_2		2.78	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	94.44*	0.00
PF1_24		0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	91.67*	0.00	0.00
PF1_5		97.22*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00
PF1_6		66.67*	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	30.56	0.00
PF2_16		0.00	69.44*	5.56	11.11	0.00	0.00	2.78	11.11
PF2_30		0.00	0.00	77.78*	11.11	0.00	11.11	0.00	0.00
PF2_4		0.00	0.00	0.00	91.67*	0.00	5.56	0.00	2.78
SW1_16	Frau	0.00	0.00	8.33	0.00	88.89*	0.00	2.78	0.00
SW1_30		0.00	0.00	2.78	16.67	0.00	80.56*	0.00	0.00
SW2_16		0.00	58.33*	2.78	5.56	0.00	0.00	30.56	2.78
SW3_3		0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	97.22*	0.00
SW3_9		100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SW4_9		0.00	0.00	0.00	97.22*	0.00	2.78	0.00	0.00

Anmerkungen: Kodierung = Originalkodierung der Gesichtsbilder nach dem PFA;
Gesch. = Geschlecht des Darstellers; * gibt die dargestellte Emotion an.

Tabelle VV1_4. Prozentuale Zuordnung der emotionalen Gesichtsausdrücke der PFA zu den entsprechenden verbalen Kategorien im ersten Vorversuch

Kodierung	Gesch.	Freude	Trauer	Furcht	Ärger	Überr.	Ekel	Neutral	fehlend
WF2_11	Mann	100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WF2_12		97.22*	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
WF2_16		0.00	0.00	16.67	0.00	80.56*	0.00	0.00	2.78
WF2_5		0.00	8.33	5.56	27.78	2.78	0.00	55.56*	0.00
WF3_1		0.00	0.00	0.00	97.22*	0.00	0.00	0.00	2.78
WF3_11		0.00	2.78	0.00	38.89	0.00	58.33*	0.00	0.00
WF3_16		0.00	0.00	66.67*	8.33	22.22	0.00	0.00	2.78
WF3_28		2.78	66.67*	11.11	0.00	0.00	0.00	11.11	8.33
WF3_4		0.00	0.00	0.00	100.00*	0.00	0.00	0.00	0.00
WF4_22		0.00	0.00	2.78	11.11	0.00	86.11*	0.00	0.00
WF5_6		0.00	36.11*	13.89	22.22	0.00	11.11	13.89	2.78
JM1_16	Frau	2.78	0.00	5.56	0.00	88.89*	0.00	0.00	2.78
JM1_4		97.22*	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00
JM1_9		0.00	11.11	2.78	0.00	2.78	0.00	83.33*	0.00
JM2_8		0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	91.67*	0.00	0.00
JM3_11		0.00	97.22*	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00	0.00
JM5_3		0.00	5.56	13.89	75.00*	0.00	2.78	0.00	2.78

Anmerkungen: Kodierung = Originalkodierung der Gesichtsbilder nach dem PFA;
Gesch. = Geschlecht des Darstellers; * gibt die dargestellte Emotion an.

Tabelle VV2_1. Bewertung der emotionalen Bilder des IAPS im zweiten Vorversuch

Beschreibung	Nr.	Kategorie	Valenz		Arousel		Komplexität	
			M	SD	M	SD	M	SD
Robbe	1440	1	1.42	0.64	7.67	1.03	2.00	1.41
Skiabfahrt	8190	1	1.92	0.76	5.42	2.29	4.33	2.32
Meer	5760	1	1.92	0.95	7.17	1.82	4.83	2.41
Hase	1610	1	1.92	0.76	8.08	0.76	2.67	1.43
2 Hasen	1750	1	2.08	1.19	8.17	0.99	3.00	1.53
Kätzchen	1460	1	2.17	0.99	7.08	1.66	3.42	1.44
Feuerwerk	5480	1	2.67	1.31	4.42	1.75	3.83	1.99
Hündchen	1710	1	2.67	1.80	7.00	1.41	3.25	1.42
Fallschirmspr.	5621	1	2.83	1.07	2.83	1.67	5.42	1.75
Gebirge	5700	1	2.92	1.26	5.08	2.06	4.67	2.25
Schokobecher	7270	1	3.08	1.32	6.83	1.46	3.42	1.71
Schloss	7502	1	3.75	1.48	4.58	1.75	6.08	2.22
Skispringen	8030	1	4.25	1.88	3.75	1.83	4.83	2.03
Seglen	8080	1	4.67	1.80	3.75	1.92	5.17	1.57
Feuerwerk	5910	1	5.00	1.87	5.08	1.89	5.42	1.85
Müll	9330	2	6.00	0.91	5.08	1.75	7.00	2.04
Ölente	9560	2	6.17	2.15	5.08	2.50	4.08	1.85
Tote Robbe	9180	2	6.33	2.32	4.75	1.96	4.42	1.71
Friedhof	9000	2	6.42	1.98	6.17	2.19	5.00	1.53
Rauch	9280	2	6.58	1.61	5.17	2.15	4.83	1.72
2 Käfer	1275	2	6.67	0.85	5.50	1.85	2.58	1.32
4 Käfer	1274	2	6.75	1.30	5.50	1.38	3.83	1.62
Pizza Käfer	7380	2	6.75	1.42	5.50	2.18	4.25	1.69
Müll	9340	2	6.75	1.48	5.92	2.18	4.67	1.75
Revolver	6200	2	7.33	1.25	3.08	1.32	3.08	1.44

Anmerkungen: Nr. = Kodierung des Bildes im IAPS; Kategorie 1 = positiv; 2 = negativ; 7 = neutral; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

Tabelle VV2_2. Bewertung der emotionalen Bilder des IAPS im zweiten Vorversuch

Beschreibung	Nr.	Kategorie	Valenz		Arousel		Komplexität	
			M	SD	M	SD	M	SD
Müll	9290	2	7.42	0.86	4.08	1.71	5.83	2.41
Hund	1301	2	7.50	1.12	3.50	1.94	2.75	1.30
Waffe	6190	2	7.58	1.44	2.92	1.38	3.33	1.49
Hund	1300	2	7.92	1.55	2.33	1.60	4.00	2.04
Hai	1930	2	7.92	1.04	3.08	1.80	2.75	1.64
Maske	6370	2	8.00	1.00	2.58	1.66	3.75	1.48
Toilette	9320	2	8.17	0.90	4.50	1.89	3.92	1.89
Toilette	9300	2	8.25	0.92	4.25	2.09	5.00	2.31
Tote Katze	9571	2	8.25	0.83	3.75	2.05	4.08	1.85
Toter Hund	9570	2	8.82	0.57	2.91	1.08	4.55	2.02
Pilz	5534	7	4.08	1.26	7.75	1.23	2.33	1.11
Teller	7233	7	4.42	1.19	7.67	1.25	2.83	1.57
Hocker	7025	7	4.58	0.86	7.58	1.44	1.42	0.49
Teller	7006	7	4.58	1.26	7.67	1.55	1.58	0.86
Schirm	7150	7	4.58	0.95	7.83	1.40	1.67	0.85
Steckdose	6150	7	4.75	1.16	7.33	1.55	1.75	0.83
Handtuch	7002	7	4.83	0.90	7.83	1.52	1.83	0.99
Kleider	7217	7	4.83	0.55	7.50	1.61	3.67	1.97
Nudelholz	7000	7	4.92	1.55	7.17	1.62	1.17	0.37
Fön	7050	7	5.00	1.58	7.08	2.06	2.50	1.04
Buch	7090	7	5.00	1.08	7.00	2.00	1.08	0.28
Bügeleisen	7030	7	5.09	1.16	7.09	1.44	1.91	1.00
Hammer	7034	7	5.42	0.86	6.92	1.75	1.25	0.43
Schaufel	7040	7	5.42	0.49	7.50	1.44	2.17	0.90

Anmerkungen: Nr. = Kodierung des Bildes im IAPS; Kategorie 1 = positiv; 2 = negativ; 7 = neutral; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

Tabelle VV2_3. Anzahl der korrekten Antworten und Reaktionszeiten auf komplexe Reize im zweiten Vorversuch

Stimuli	Anzahl	Reaktionszeiten	
	korrekter Antworten	m	sd
2o.tga	14	578.36	195.48
6u.tga	16	603.50	172.39
5o.tga	15	610.47	148.68
5u.tga	17	627.53	276.00
3o.tga	16	635.00	190.26
6s5s6.tga	13	642.85	175.85
5s1s1.tga	14	680.50	207.45
5s4s4.tga	12	680.75	192.56
6S1S1.tga	15	682.47	218.21
3u.tga	18	684.00	190.85
5s4s5.tga	18	687.61	268.09
4s3s4.tga	15	690.73	242.05
4u.tga	14	692.57	244.75
4o.tga	11	692.64	199.68
6o.tga	14	693.14	325.37
5s4s1.tga	17	696.65	209.77
4s1s4.tga	16	699.25	219.56
6S2S15.tga	14	712.79	168.37
6S1S6.tga	16	717.50	190.08
6s5s2.tga	15	725.87	209.26
5s1s2.tga	17	734.29	268.41
2u.tga	18	735.89	195.52
4s1s3.tga	15	738.33	226.88
6s5s3.tga	17	746.12	192.00
6s4s56.tga	14	750.93	335.69
6S2S12.tga	17	752.41	233.30
6S1S5.tga	15	754.93	238.06
6s4s35.tga	15	756.13	343.64

Anmerkungen: Stimuli: erste Zahl gibt die Anzahl der Dreiecke für das Bild an, weitere Kodierungen bezeichnen die Anordnung der nach oben (o) oder unten (u) gerichteten Dreiecke; m = Mittelwert; sd = Standardabweichung.

Tabelle VV2_4. Anzahl der korrekten Antworten und Reaktionszeiten auf komplexe Reize im zweiten Vorversuch

Stimuli	korrekter Antworten		Reaktionszeiten	
	Anzahl	m	sd	
6s4s16.tga	15	762.07	166.87	
4s3s2.tga	21	765.95	293.68	
6s4s13.tga	14	771.71	303.03	
5s1s3.tga	20	773.60	291.66	
6S1S3.tga	17	775.41	166.00	
4s3s3.tga	18	778.11	159.97	
6S1S2.tga	17	779.41	284.06	
6S2S16.tga	18	784.72	212.05	
6s5s1.tga	20	786.90	290.83	
6S2S56.tga	16	789.25	230.39	
4s1s1.tga	14	791.93	326.41	
6s5s4.tga	16	801.25	192.58	
3s2s12.tga	16	806.19	244.93	
6S2S26.tga	20	810.15	160.70	
6S1S4.tga	13	815.23	195.62	
3s2s23.tga	10	818.90	148.74	
6s4s26.tga	16	819.56	222.51	
5s3s15.tga	18	819.89	198.40	
5s3s12.tga	12	823.00	173.20	
5s2s25.tga	16	823.38	279.10	
5s1s5.tga	15	826.73	259.19	
6S2S13.tga	17	828.71	262.42	
5s4s3.tga	15	828.73	235.64	
5s3s35.tga	17	832.18	279.01	
6s4s25.tga	14	833.57	334.43	
4s1s2.tga	18	833.67	185.05	
5s4s2.tga	19	834.74	244.01	
6s4s46.tga	17	841.06	337.20	

Anmerkungen: Stimuli: erste Zahl gibt die Anzahl der Dreiecke für das Bild an, weitere Kodierungen bezeichnen die Anordnung der nach oben (o) oder unten (u) gerichteten Dreiecke; m = Mittelwert; sd = Standardabweichung.

Tabelle VV2_5. Anzahl der korrekten Antworten und Reaktionszeiten auf komplexe Reize im zweiten Vorversuch

Stimuli	korrekter Antworten		Reaktionszeiten	
	Anzahl	m	sd	
5s2s24.tga	14	843.64	232.60	
6s4s45.tga	19	844.42	301.62	
3s1s3.tga	14	855.71	280.84	
6S2S35.tga	15	858.93	282.49	
5s2s45.tga	14	859.43	211.86	
6s4s23.tga	15	859.73	165.38	
5s3s25.tga	13	861.77	177.17	
6s4s15.tga	17	864.65	425.76	
5s2s15.tga	17	871.82	254.05	
3s1s2.tga	16	875.75	294.79	
6S2S46.tga	16	880.44	281.13	
6s4s36.tga	19	882.95	281.47	
5s3s13.tga	17	890.76	283.42	
6s4s12.tga	15	902.67	211.06	
6s4s14.tga	17	910.18	244.92	
5s2s35.tga	20	910.55	188.94	
6S2S36.tga	18	912.11	161.91	
5s1s4.tga	13	914.77	211.80	
3s1s1.tga	12	915.17	256.75	
6S2S14.tga	21	916.38	339.75	
5s2s12.tga	14	920.14	289.89	
6S2S23.tga	16	921.13	328.78	
4s3s1.tga	17	921.88	296.80	
5s3s14.tga	19	925.16	416.53	
6S2S45.tga	18	931.28	259.56	
6s4s34.tga	12	935.08	417.66	
6s5s5.tga	14	939.64	819.61	

Anmerkungen: Stimuli: erste Zahl gibt die Anzahl der Dreiecke für das Bild an, weitere Kodierungen bezeichnen die Anordnung der nach oben (o) oder unten (u) gerichteten Dreiecke; m = Mittelwert; sd = Standardabweichung.

Tabelle VV2_6. Anzahl der korrekten Antworten und Reaktionszeiten auf komplexe Reize im zweiten Vorversuch

Stimuli	korrekter Antworten		Reaktionszeiten	
	Anzahl	m	sd	
6S2S24.tga	18	950.00	312.64	
5s2s13.tga	19	955.42	266.81	
5s2s14.tga	18	969.39	259.52	
5s3s23.tga	20	974.85	311.69	
3s2s13.tga	17	979.41	285.33	
6S2S34.tga	16	986.25	290.47	
6S2S25.tga	18	988.56	294.68	
5s3s45.tga	16	1006.44	296.27	
5s2s22.tga	15	1033.20	369.30	
5s2s34.tga	18	1049.50	408.10	
5s2s23.tga	19	1057.47	395.56	
6s4s24.tga	16	1077.88	376.84	
5s3s24.tga	17	1119.29	338.01	
5s3s34.tga	14	1138.36	357.96	

Anmerkungen: Stimuli: erste Zahl gibt die Anzahl der Dreiecke für das Bild an, weitere Kodierungen bezeichnen die Anordnung der nach oben (o) oder unten (u) gerichteten Dreiecke; m = Mittelwert; sd = Standardabweichung.

Tabelle A1. Topographie der EKPs auf die unterschiedlichen emotionalen Ausdrücke im Paradigma „Gesichterpeak“ der 1. Untersuchung

Segment		Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
1	Latenz	106.20 ± 9.70	105.96 ± 8.42	104.49 ± 11.63	0,65	1,3, 19,4	0,47
	GFP	3.87 ± 1.94	3.73 ± 1.54	3.68 ± 1.66	0,72	2, 30	0,49
	CX+	3.20 ± 0.41	3.15 ± 0.42	3.10 ± 0.39	0,67	1,4, 20,4	0,47
	CY+	4.08 ± 1.08	4.16 ± 1.04	3.83 ± 1.22	2,52	1,1, 16,2	0,13
	CX-	2.95 ± 0.32	2.96 ± 0.28	2.91 ± 0.38	0,12	2, 30	0,89
	CY-	2.63 ± 0.81	2.61 ± 0.85	2.81 ± 1.02	1,50	1,4, 21,1	0,24
2	Latenz	150.15 ± 15.82	147.95 ± 16.99	153.56 ± 16.37	1,56	1,4, 20,8	0,23
	GFP	4.90 ± 1.69	4.79 ± 1.65	4.65 ± 1.81	1,12	2, 30	0,34
	CX+	3.13 ± 0.27	3.06 ± 0.20	3.13 ± 0.23	0,90	2, 30	0,42
	CY+	2.49 ± 1.10	2.59 ± 1.13	2.49 ± 1.03	0,21	1,4, 21,2	0,74
	CX-	3.01 ± 0.50	3.12 ± 0.20	3.07 ± 0.39	0,69	1,5, 22,6	0,47
	CY-	3.97 ± 0.86	3.87 ± 0.88	4.03 ± 0.69	0,84	2, 30	0,44
3	Latenz	240.48 ± 47.07	250.49 ± 37.49	260.25 ± 43.80	2,81	1,4, 21,0	0,10
	GFP	3.80 ± 1.46	3.84 ± 1.29	3.84 ± 1.56	0,03	2, 30	0,97
	CX+	3.01 ± 0.26	3.09 ± 0.30	2.97 ± 0.24	1,69	1,3, 19,0	0,21
	CY+	4.18 ± 0.88	4.39 ± 0.58	4.33 ± 0.67	0,90	2, 30	0,42
	CX-	3.13 ± 0.41	3.06 ± 0.44	3.26 ± 0.27	1,64	1,2, 18,2	0,22
	CY-	2.40 ± 0.82	2.24 ± 0.64	2.22 ± 0.68	0,44	1,6, 22,3	0,60
4	Latenz	384.77 ± 38.41	389.40 ± 32.39	391.11 ± 31.21	0,19	1,5, 22,5	0,77
	GFP	2.36 ± 1.00	2.14 ± 0.82	2.38 ± 0.99	1,00	2, 30	0,38
	CX+	3.03 ± 0.45	3.00 ± 0.48	3.01 ± 0.57	0,02	2, 30	0,98
	CY+	3.44 ± 0.82	2.95 ± 0.89	3.31 ± 0.81	2,12	2, 30	0,14
	CX-	2.93 ± 0.33	2.86 ± 0.43	2.93 ± 0.40	0,26	2, 30	0,77
	CY-	2.44 ± 1.16	3.10 ± 1.23	2.63 ± 1.25	1,88	2, 30	0,17
5	Latenz	480.71 ± 13.42	479.98 ± 13.22	482.67 ± 11.67	0,28	1,4, 20,5	0,67
	GFP	2.54 ± 0.99	2.45 ± 0.93	2.50 ± 1.03	0,17	1,5, 22,5	0,78
	CX+	2.96 ± 0.47	2.96 ± 0.41	2.83 ± 0.46	0,64	1,3, 19,8	0,48
	CY+	2.73 ± 0.88	2.65 ± 0.63	2.70 ± 0.73	0,10	2, 30	0,91
	CX-	3.12 ± 0.38	3.17 ± 0.41	3.23 ± 0.47	0,66	1,5, 21,9	0,48
	CY-	3.52 ± 1.32	3.94 ± 0.85	3.75 ± 1.08	1,15	2, 30	0,33

Anmerkungen: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit dem Gesichtsausdruck „Freude“, „Trauer“ und „Neutral“. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade df und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. df = 2,30; bei abweichenden Angaben wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse Geisser korrigiert.

Tabelle A2. Topographie der EKPs auf die unterschiedlichen emotionalen Ausdrücke im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ für die Segmente 1 – 4 der 1. Untersuchung

S		Trauer m ± sd	Furcht m ± sd	Ärger m ± sd	Überr. m ± sd	Ekel m ± sd	F	df	p
1	Latenz	109.4 ± 8.1	108.8 ± 9.0	105.5 ± 10.2	111.5 ± 7.1	109.1 ± 7.9	0,91	1,9, 23,4	0,42
	GFP	2.91 ± 0.98	3.56 ± 0.90	3.08 ± 1.14	3.36 ± 1.09	3.27 ± 1.04	3,55	4, 48	0,01
	CX+	3.20 ± 0.31	3.19 ± 0.32	2.95 ± 0.48	3.08 ± 0.43	3.18 ± 0.37	2,37	4, 48	0,07
	CY+	4.37 ± 0.57	4.03 ± 1.09	3.95 ± 1.03	4.32 ± 0.66	4.29 ± 0.84	0,86	2,0, 23,9	0,44
	CX-	2.97 ± 0.27	3.00 ± 0.17	3.05 ± 0.18	2.98 ± 0.15	2.91 ± 0.16	0,88	2,2, 26,2	0,44
	CY-	2.54 ± 0.82	2.57 ± 0.90	2.84 ± 0.98	2.42 ± 0.79	2.43 ± 0.73	0,78	1,7, 20,9	0,56
2	Latenz	149.3 ± 13.1	148.7 ± 11.7	148.7 ± 14.1	147.2 ± 14.6	149.6 ± 13.4	0,37	2,4, 28,4	0,73
	GFP	3.87 ± 1.03	3.84 ± 0.97	3.74 ± 1.29	3.92 ± 1.32	3.74 ± 1.15	0,43	4, 48	0,78
	CX+	3.00 ± 0.34	3.18 ± 0.25	3.13 ± 0.32	3.12 ± 0.26	3.05 ± 0.40	1,75	2,9, 35,2	0,18
	CY+	2.77 ± 1.07	2.58 ± 0.87	2.59 ± 1.05	2.85 ± 1.17	2.65 ± 1.00	1,11	1,9, 22,5	0,34
	CX-	3.11 ± 0.51	3.00 ± 0.34	3.00 ± 0.41	3.04 ± 0.22	3.13 ± 0.49	0,75	2,0, 23,7	0,48
	CY-	3.98 ± 0.94	4.14 ± 0.79	4.02 ± 0.96	3.87 ± 1.07	4.10 ± 0.85	1,24	1,7, 20,6	0,30
3	Latenz	246.7 ± 54.2	232.0 ± 43.4	229.6 ± 49.0	232.6 ± 43.1	247.0 ± 51.3	0,68	2,1, 24,9	0,52
	GFP	3.30 ± 0.90	3.13 ± 0.81	3.15 ± 0.74	2.95 ± 0.84	2.83 ± 0.79	2,00	4, 48	0,11
	CX+	3.08 ± 0.23	2.97 ± 0.31	2.97 ± 0.29	3.07 ± 0.35	2.92 ± 0.43	1,39	4, 48	0,25
	CY+	4.47 ± 0.28	4.05 ± 0.93	4.20 ± 0.89	3.98 ± 1.07	3.95 ± 1.11	1,27	2,2, 26,8	0,30
	CX-	2.96 ± 0.29	3.03 ± 0.22	3.06 ± 0.28	2.96 ± 0.33	3.24 ± 0.32	3,49	4, 48	0,02
	CY-	1.87 ± 0.32	2.33 ± 0.96	2.28 ± 0.94	2.36 ± 0.91	2.68 ± 1.13	2,08	2,4, 29,2	0,14
4	Latenz	366.3 ± 14.1	367.5 ± 15.1	361.8 ± 12.5	366.9 ± 15.9	367.5 ± 15.0	0,39	4, 48	0,82
	GFP	1.59 ± 0.50	1.46 ± 0.34	1.42 ± 0.36	1.39 ± 0.42	1.45 ± 0.40	0,71	2,6, 30,7	0,53
	CX+	3.29 ± 0.46	3.12 ± 0.45	3.02 ± 0.55	3.18 ± 0.36	3.21 ± 0.49	0,76	4, 48	0,55
	CY+	2.89 ± 1.11	2.84 ± 0.95	3.02 ± 1.02	2.46 ± 0.94	3.16 ± 1.02	1,66	4, 48	0,17
	CX-	2.76 ± 0.44	2.83 ± 0.43	2.79 ± 0.62	2.85 ± 0.41	2.69 ± 0.48	0,28	2,4, 29,3	0,80
	CY-	3.05 ± 1.07	3.35 ± 1.14	2.98 ± 1.22	3.33 ± 0.94	2.89 ± 1.11	0,76	4, 48	0,56

Anmerkungen: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit dem Gesichtsausdruck „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“, „Überraschung“. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade df und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. df = 4,48; bei abweichenden Angaben wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse Geisser korrigiert.

Tabelle A3. Topographie der EKPs auf die unterschiedlichen emotionalen Ausdrücke im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ für die Segmente 5 – 8 der 1. Untersuchung

S		Trauer m ± sd	Furcht m ± sd	Ärger m ± sd	Überr. m ± sd	Ekel m ± sd	F	df	p
5	Latenz	410.5 ± 11.2	406.9 ± 10.1	402.3 ± 7.1	411.1 ± 9.6	407.8 ± 12.2	1,72	4, 48	0.16
	GFP	1.25 ± 0.41	1.20 ± 0.39	1.12 ± 0.31	1.35 ± 0.52	1.20 ± 0.24	0,79	2.1, 25.6	0.47
	CX+	2.93 ± 0.65	2.92 ± 0.62	3.07 ± 0.75	3.00 ± 0.45	3.27 ± 0.78	0,72	4, 48	0.58
	CY+	2.59 ± 1.03	2.68 ± 0.89	3.03 ± 0.81	2.51 ± 0.96	2.77 ± 0.94	0,85	4, 48	0.50
	CX-	2.93 ± 0.32	3.14 ± 0.43	3.06 ± 0.57	3.01 ± 0.37	2.91 ± 0.67	0,56	4, 48	0.70
	CY-	3.41 ± 0.96	3.31 ± 0.98	2.95 ± 1.03	3.49 ± 0.81	3.41 ± 1.05	0,99	4, 48	0.42
6	Latenz	445.0 ± 17.6	453.7 ± 18.2	460.3 ± 17.7	448.0 ± 22.9	458.5 ± 19.4	1,40	4, 48	0.25
	GFP	1.39 ± 0.47	1.46 ± 0.46	1.14 ± 0.54	1.35 ± 0.42	1.28 ± 0.46	1,39	4, 48	0.25
	CX+	3.20 ± 0.46	3.43 ± 0.39	3.15 ± 0.78	3.14 ± 0.62	3.20 ± 0.51	0,78	2.4, 29.1	0.49
	CY+	2.40 ± 0.90	2.24 ± 0.84	2.52 ± 0.65	2.56 ± 0.88	2.39 ± 0.86	0,31	4, 48	0.87
	CX-	2.89 ± 0.33	2.69 ± 0.35	2.76 ± 0.73	2.96 ± 0.45	2.85 ± 0.39	0,78	2.3, 27.8	0.48
	CY-	3.73 ± 0.99	3.74 ± 0.95	3.60 ± 0.74	3.44 ± 0.98	3.64 ± 0.99	0,26	4, 48	0.90
7	Latenz	500.3 ± 10.8	491.0 ± 12.1	495.2 ± 11.5	495.8 ± 12.6	493.7 ± 12.5	1,06	4, 48	0.39
	GFP	1.21 ± 0.35	1.31 ± 0.53	1.13 ± 0.54	1.37 ± 0.45	1.22 ± 0.42	0,72	4, 48	0.58
	CX+	3.13 ± 0.57	3.16 ± 0.51	3.34 ± 0.64	2.94 ± 0.57	2.85 ± 0.57	2,37	4, 48	0.06
	CY+	2.83 ± 0.97	2.83 ± 1.03	2.66 ± 0.70	2.68 ± 0.96	2.74 ± 0.93	0,21	4, 48	0.93
	CX-	2.90 ± 0.53	3.01 ± 0.39	2.75 ± 0.50	3.11 ± 0.58	3.24 ± 0.51	2,65	4, 48	0.44
	CY-	3.22 ± 1.11	3.31 ± 1.40	3.62 ± 0.73	3.58 ± 1.02	3.52 ± 1.12	0,52	4, 48	0.72
8	Latenz	561.0 ± 27.2	561.6 ± 33.3	561.3 ± 33.7	542.4 ± 28.3	564.3 ± 31.5	1,23	4, 48	0.31
	GFP	1.84 ± 0.42	1.76 ± 0.54	1.70 ± 0.81	1.57 ± 0.48	1.58 ± 0.43	1,39	4, 48	0.25
	CX+	2.90 ± 0.39	2.99 ± 0.57	2.91 ± 0.60	2.92 ± 0.26	2.96 ± 0.60	0,10	2.5, 30.1	0.94
	CY+	2.47 ± 0.94	2.40 ± 0.89	2.27 ± 0.64	2.61 ± 0.94	2.24 ± 0.75	0,80	4, 48	0.53
	CX-	3.09 ± 0.38	3.04 ± 0.50	3.14 ± 0.60	3.13 ± 0.44	3.10 ± 0.55	0,12	2.2, 26.4	0.91
	CY-	3.86 ± 1.10	3.89 ± 1.07	4.11 ± 0.71	3.84 ± 1.12	4.00 ± 1.04	0,36	2.3, 27.5	0.73

Anmerkungen: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit dem Gesichtsausdruck „Trauer“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“, „Überraschung“. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade df und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. df = 4,48; bei abweichenden Angaben wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse Geisser korrigiert.

Tabelle A4. Topographie der EKPs auf die unterschiedlichen emotionalen Ausdrücke im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ für die Segmente 1 – 6 der 2. Untersuchung

S		Furcht m ± sd	Ärger m ± sd	Ekel m ± sd	F	df	p
1	Latenz	109.60 ± 8.68	111.44 ± 9.28	109.83 ± 8.94	1,69	1.1, 18.3	0.21
	GFP	3.63 ± 1.42	3.37 ± 1.18	3.60 ± 1.35	2,15	1.6, 21.2	0.15
	CX+	3.23 ± 0.42	3.05 ± 0.41	3.09 ± 0.44	1,73	2, 32	0.19
	CY+	3.91 ± 1.09	3.69 ± 1.22	3.90 ± 1.15	2,04	1.1, 18.1	0.15
	CX-	2.95 ± 0.32	3.05 ± 0.38	3.04 ± 0.41	1,36	2, 32	0.27
	CY-	2.57 ± 1.04	2.72 ± 1.15	2.59 ± 1.08	0,70	1.2, 18.6	0.43
2	Latenz	152.34 ± 11.47	152.57 ± 11.92	152.34 ± 11.96	0,01	1.1, 17.9	0.95
	GFP	4.33 ± 1.49	4.40 ± 1.57	4.23 ± 1.47	0,40	2, 32	0.67
	CX+	2.92 ± 0.21	2.88 ± 0.20	2.89 ± 0.21	0,55	2, 32	0.58
	CY+	2.44 ± 0.68	2.42 ± 0.71	2.36 ± 0.72	0,13	1.1, 17.1	0.74
	CX-	3.22 ± 0.24	3.26 ± 0.40	3.21 ± 0.27	0,21	1.2, 18.5	0.69
	CY-	4.20 ± 0.86	4.18 ± 0.83	4.22 ± 0.81	0,02	1.0, 16.4	0.90
3	Latenz	235.06 ± 38.68	234.83 ± 37.77	230.01 ± 39.81	0,08	2, 32	0.92
	GFP	3.06 ± 0.80	3.09 ± 1.04	2.88 ± 0.96	1,54	1.6, 24.8	0.23
	CX+	3.07 ± 0.26	3.16 ± 0.39	3.06 ± 0.34	0,99	1.2, 19.1	0.35
	CY+	4.27 ± 0.89	4.55 ± 0.25	4.32 ± 0.69	1,35	2, 32	0.27
	CX-	3.07 ± 0.40	2.96 ± 0.42	3.06 ± 0.45	0,63	1.4, 22.0	0.48
	CY-	2.36 ± 0.79	2.04 ± 0.28	2.21 ± 0.70	1,31	2, 32	0.28
4	Latenz	383.50 ± 10.45	380.74 ± 10.16	380.06 ± 9.44	0,95	2, 32	0.40
	GFP	1.17 ± 0.32	1.35 ± 0.38	1.20 ± 0.30	1,95	2, 32	0.16
	CX+	2.97 ± 0.77	3.36 ± 0.52	3.26 ± 0.54	2,70	2, 32	0.08
	CY+	2.92 ± 0.82	2.93 ± 0.80	3.14 ± 0.91	0,73	2, 32	0.49
	CX-	3.06 ± 0.65	2.77 ± 0.50	2.86 ± 0.54	2,26	2, 32	0.12
	CY-	3.11 ± 0.96	3.06 ± 1.03	2.95 ± 1.16	0,23	2, 32	0.78
5	Latenz	418.20 ± 17.77	413.14 ± 17.39	418.89 ± 20.09	0,51	2, 32	0.61
	GFP	1.21 ± 0.34	1.27 ± 0.47	1.29 ± 0.31	0,44	2, 32	0.65
	CX+	3.24 ± 0.83	3.33 ± 0.34	3.29 ± 0.64	0,09	2, 32	0.92
	CY+	3.13 ± 0.86	3.14 ± 0.78	3.32 ± 0.78	0,55	2, 32	0.58
	CX-	2.81 ± 0.67	2.81 ± 0.36	2.88 ± 0.51	0,10	2, 32	0.90
	CY-	2.98 ± 0.91	2.62 ± 0.98	2.85 ± 0.87	1,23	1.4, 23.0	0.30
6	Latenz	575.83 ± 24.28	581.57 ± 19.38	569.16 ± 24.58	1,91	2, 32	0.16
	GFP	1.76 ± 0.61	1.80 ± 0.62	1.90 ± 0.50	1,16	2, 32	0.33
	CX+	3.11 ± 0.54	2.89 ± 0.41	3.11 ± 0.27	2,91	2, 32	0.07
	CY+	2.21 ± 0.50	2.12 ± 0.39	1.95 ± 0.54	2,22	2, 32	0.13
	CX-	3.13 ± 0.38	3.33 ± 0.40	3.05 ± 0.30	3,83	2, 32	0.03
	CY-	4.33 ± 0.41	4.33 ± 0.38	4.32 ± 0.66	0,00	1.4, 22.9	0.99

Anmerkungen: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit dem Gesichtsausdruck „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade df und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. df = 2,32; bei abweichenden Angaben wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse Geisser korrigiert.

Tabelle A5. Topographie der EKPs im Paradigma „Komplexe Bilder“ für die Segmente 1 – 5 der zweiten Untersuchung

Segment		einfach	schwer	t[15]	p
		m ± sd	m ± sd		
1	Latenz	104.25 ± 14.03	108.64 ± 12.53	-1.12	0.28
	GFP	3.18 ± 1.24	3.12 ± 1.22	0.52	0.61
	CX+	3.01 ± 0.46	3.24 ± 0.42	-1.52	0.15
	CY+	3.55 ± 1.12	3.56 ± 1.16	-0.26	0.79
	CX -	3.02 ± 0.30	2.92 ± 0.37	0.96	0.35
	CY -	2.72 ± 1.19	2.68 ± 1.10	0.45	0.66
2	Latenz	134.52 ± 7.81	130.86 ± 6.54	2.46	0.03
	GFP	3.08 ± 1.53	2.91 ± 1.53	1.13	0.28
	CX+	3.00 ± 0.59	3.14 ± 0.42	-1.34	0.20
	CY+	3.29 ± 1.18	3.02 ± 1.32	1.58	0.14
	CX -	3.13 ± 0.46	3.00 ± 0.33	1.56	0.14
	CY -	2.96 ± 0.98	3.37 ± 0.88	-2.94	0.01
3	Latenz	166.02 ± 13.23	173.10 ± 13.51	-1.44	0.17
	GFP	3.02 ± 1.13	2.98 ± 1.11	0.47	0.64
	CX+	2.78 ± 0.30	2.96 ± 0.20	-2.18	0.05
	CY+	2.90 ± 0.79	3.22 ± 0.95	-1.29	0.22
	CX -	3.31 ± 0.44	3.12 ± 0.41	1.87	0.08
	CY -	3.56 ± 1.19	3.17 ± 1.14	1.52	0.15
4	Latenz	216.80 ± 23.78	208.98 ± 18.65	1.79	0.09
	GFP	3.33 ± 1.41	3.39 ± 1.41	-0.45	0.66
	CX+	2.89 ± 0.30	3.01 ± 0.39	-1.41	0.18
	CY+	3.57 ± 1.15	3.72 ± 1.08	-0.87	0.40
	CX -	3.23 ± 0.40	3.10 ± 0.47	1.50	0.15
	CY -	2.84 ± 1.12	2.57 ± 1.13	1.64	0.12
5	Latenz	285.40 ± 18.12	284.91 ± 14.72	0.14	0.89
	GFP	2.06 ± 1.08	2.02 ± 0.89	0.32	0.75
	CX+	2.83 ± 0.51	2.70 ± 0.49	1.39	0.19
	CY+	3.10 ± 1.21	2.83 ± 1.23	1.18	0.26
	CX -	3.31 ± 0.42	3.31 ± 0.33	0.02	0.98
	CY -	3.29 ± 0.94	3.28 ± 0.95	0.03	0.97

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes in den Bedingungen „einfach“ und „schwer“ zu bearbeitende Reize. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. t = t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

Tabelle A6. Topographie der EKPs im Paradigma „Komplexe Bilder“ für die Segmente 6 – 9 der zweiten Untersuchung

Segment		einfach	schwer	t[15]	p
		m ± sd	m ± sd		
6	Latenz	325.44 ± 9.21	324.95 ± 8.46	0.44	0.67
	GFP	1.46 ± 0.65	1.46 ± 0.67	0.02	0.98
	CX+	3.12 ± 0.44	2.93 ± 0.40	1.51	0.15
	CY+	3.03 ± 1.08	3.11 ± 1.10	-0.50	0.62
	CX -	3.00 ± 0.48	3.03 ± 0.49	-0.17	0.87
	CY -	3.22 ± 1.02	3.16 ± 1.07	0.39	0.70
7	Latenz	355.96 ± 16.26	362.79 ± 14.25	-1.48	0.16
	GFP	1.37 ± 0.49	1.55 ± 0.77	-1.26	0.23
	CX+	3.06 ± 0.39	2.93 ± 0.36	1.09	0.29
	CY+	3.03 ± 1.06	3.31 ± 0.95	-0.83	0.42
	CX -	3.15 ± 0.56	3.16 ± 0.32	-0.09	0.93
	CY -	3.21 ± 1.09	2.96 ± 1.11	0.91	0.38
8	Latenz	419.92 ± 22.33	409.91 ± 24.89	1.80	0.09
	GFP	1.39 ± 0.37	1.37 ± 0.50	0.13	0.90
	CX+	3.26 ± 0.59	3.16 ± 0.51	0.76	0.46
	CY+	2.67 ± 1.00	3.15 ± 1.00	-1.72	0.11
	CX -	2.80 ± 0.52	2.87 ± 0.59	-0.59	0.56
	CY -	3.44 ± 1.03	3.10 ± 0.96	1.19	0.25
9	Latenz	480.47 ± 23.78	471.44 ± 21.09	1.38	0.19
	GFP	1.26 ± 0.39	1.14 ± 0.34	1.44	0.17
	CX+	3.41 ± 0.66	3.16 ± 0.60	1.30	0.21
	CY+	2.88 ± 0.96	3.00 ± 0.98	-0.33	0.75
	CX -	2.80 ± 0.48	2.95 ± 0.60	-0.92	0.37
	CY -	3.24 ± 1.08	3.24 ± 0.99	0.00	1.00

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes in den Bedingungen „einfach“ und „schwer“ zu bearbeitende Reize. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. t = t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade und der Irrtumswahrscheinlichkeit p.

Tabelle A7. Topographische Effekte im Paradigma „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der 3. Untersuchung bei Gesunden für die Segmente 5 bis 7

Seg	Var	Freude	Trauer	Neutral	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd			
5	Latenz	440.69 ± 38.91	439.50 ± 32.14	438.95 ± 35.02	0.02	2.0, 70.0	0.98
	GFP	0.79 ± 0.35	0.82 ± 0.35	0.78 ± 0.29	0.78	2.0, 70.0	0.46
	CX+	2.84 ± 0.53	2.96 ± 0.53	3.04 ± 0.53	1.54	1.7, 59.3	0.23
	CY+	3.44 ± 0.77	3.43 ± 0.98	3.55 ± 0.81	0.35	2.0, 70.0	0.71
	CX-	3.08 ± 0.48	3.05 ± 0.50	2.95 ± 0.52	0.83	1.8, 61.9	0.43
	CY-	2.48 ± 0.95	2.48 ± 0.99	2.36 ± 0.90	0.35	2.0, 70.0	0.71
6	Latenz	514.58 ± 11.74	519.03 ± 11.11	520.01 ± 12.27	2.20	2.0, 70.0	0.12
	GFP	0.63 ± 0.20	0.65 ± 0.19	0.60 ± 0.20	0.98	2.0, 70.0	0.38
	CX+	2.98 ± 0.56	2.99 ± 0.60	2.95 ± 0.61	0.07	2.0, 70.0	0.94
	CY+	3.12 ± 0.99	3.20 ± 0.95	2.87 ± 0.95	1.60	2.0, 70.0	0.21
	CX-	3.03 ± 0.50	3.04 ± 0.60	3.02 ± 0.62	0.01	2.0, 70.0	0.99
	CY-	2.90 ± 1.14	2.62 ± 1.05	3.01 ± 0.94	2.10	2.0, 70.0	0.13
7	Latenz	557.44 ± 15.17	557.44 ± 14.91	557.01 ± 14.99	0.01	2.0, 70.0	0.99
	GFP	0.63 ± 0.18	0.63 ± 0.18	0.64 ± 0.15	0.06	1.7, 58.4	0.94
	CX+	2.83 ± 0.57	2.87 ± 0.59	3.00 ± 0.63	0.94	2.0, 70.0	0.40
	CY+	3.09 ± 0.93	2.98 ± 0.87	2.85 ± 1.07	0.75	2.0, 70.0	0.48
	CX-	3.19 ± 0.65	3.20 ± 0.59	3.00 ± 0.60	1.48	2.0, 70.0	0.23
	CY-	2.90 ± 1.04	2.92 ± 1.08	2.98 ± 1.03	0.07	2.0, 70.0	0.94

Anmerkung: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP (Globale Feldstärke), sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes. CX+= Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+= Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX - = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY - = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. t= t-Wert des statistischen Vergleichs mittels t-Test mit dazugehöriger zweiseitiger Irrtumswahrscheinlichkeit p; df=2,70; Seg. = Segment.

Tabelle A8. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den EKP-Amplituden über Fz, Cz und Pz und den subjektiven Valenz und Arousal-Ratings für die Komponente P3 der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating			
		Freude	Trauer	Neutral	Freude	Trauer	Neutral	
Fz	Trauer	r	0.07	0.00	-0.05	0.15	0.20	-0.06
		p	0.70	1.00	0.78	0.38	0.24	0.74
	Freude	r	-0.01	-0.02	-0.15	0.27	0.26	0.06
		p	0.97	0.90	0.40	0.12	0.13	0.73
	Neutral	r	0.07	-0.15	0.02	0.08	0.04	-0.08
		p	0.70	0.39	0.92	0.64	0.81	0.63
Cz	Trauer	r	0.05	0.05	-0.19	-0.10	-0.27	-0.40
		p	0.76	0.77	0.27	0.56	0.12	0.02
	Freude	r	-0.04	-0.02	-0.23	0.09	-0.02	-0.07
		p	0.80	0.89	0.19	0.59	0.91	0.68
	Neutral	r	0.05	-0.05	-0.13	-0.20	-0.20	-0.27
		p	0.78	0.76	0.44	0.25	0.24	0.12
Pz	Trauer	r	-0.09	0.07	-0.14	-0.15	-0.34	-0.16
		p	0.60	0.67	0.44	0.40	0.04	0.37
	Freude	r	-0.16	0.03	-0.09	-0.06	-0.20	0.10
		p	0.37	0.88	0.62	0.74	0.25	0.56
	Neutral	r	-0.04	0.24	-0.06	-0.06	-0.21	-0.03
		p	0.82	0.17	0.74	0.75	0.22	0.88

Tabelle A9. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den EKP-Amplituden über Fz, Cz und Pz und den subjektiven Valenz und Arousal-Ratings für die Komponente P4 der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating			
		Freude	Trauer	Neutral	Freude	Trauer	Neutral	
Fz	Trauer	r	-0.08	-0.09	-0.03	-0.03	0.00	-0.16
		p	0.65	0.61	0.85	0.87	0.99	0.34
	Freude	r	-0.05	-0.11	-0.06	0.02	0.11	0.00
		p	0.79	0.53	0.72	0.91	0.54	0.99
	Neutral	r	-0.05	-0.19	-0.03	-0.07	-0.21	-0.17
		p	0.79	0.26	0.87	0.69	0.24	0.34
Cz	Trauer	r	0.04	-0.11	-0.09	-0.19	-0.21	-0.26
		p	0.81	0.55	0.60	0.26	0.23	0.14
	Freude	r	-0.01	-0.13	-0.26	-0.09	-0.07	-0.04
		p	0.95	0.47	0.14	0.61	0.68	0.81
	Neutral	r	0.06	-0.09	-0.14	-0.18	-0.27	-0.24
		p	0.75	0.60	0.43	0.29	0.11	0.17
Pz	Trauer	r	-0.41	0.03	0.03	-0.14	-0.15	0.02
		p	0.01	0.87	0.85	0.43	0.38	0.91
	Freude	r	-0.32	-0.02	-0.08	0.01	-0.04	0.17
		p	0.06	0.92	0.63	0.96	0.84	0.31
	Neutral	r	-0.35	0.10	0.05	-0.22	-0.11	-0.04
		p	0.04	0.56	0.77	0.20	0.54	0.82

Tabelle A10. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den EKP-Amplituden über Fz, Cz und Pz und den subjektiven Valenz und Arousal-Ratings für die Komponente P5 der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating			
		Freude	Trauer	Neutral	Freude	Trauer	Neutral	
Fz	Trauer	r	-0.06	-0.20	-0.16	0.15	0.00	-0.02
		p	0.74	0.25	0.37	0.40	1.00	0.93
	Freude	r	-0.07	-0.04	-0.34	0.16	-0.05	-0.04
		p	0.70	0.84	0.05	0.36	0.76	0.81
	Neutral	r	-0.03	-0.10	-0.20	0.25	-0.24	-0.04
		p	0.88	0.56	0.25	0.14	0.16	0.81
Cz	Trauer	r	-0.19	-0.07	0.03	-0.15	0.00	0.05
		p	0.27	0.69	0.88	0.39	0.98	0.80
	Freude	r	-0.30	-0.05	-0.24	0.07	0.03	0.16
		p	0.08	0.77	0.16	0.69	0.86	0.35
	Neutral	r	-0.16	-0.11	-0.27	-0.06	-0.04	-0.04
		p	0.35	0.53	0.11	0.75	0.84	0.82
Pz	Trauer	r	-0.40	0.05	0.04	-0.19	0.00	-0.04
		p	0.02	0.77	0.81	0.28	0.99	0.83
	Freude	r	-0.36	-0.11	0.03	-0.10	0.11	0.20
		p	0.03	0.51	0.86	0.58	0.54	0.25
	Neutral	r	-0.41	0.09	-0.09	-0.29	0.06	-0.06
		p	0.01	0.62	0.59	0.09	0.75	0.74

Tabelle A11. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den EKP-Amplituden über Fz, Cz und Pz und den subjektiven Valenz und Arousal-Ratings für die Komponente P3 im Paradigma „Emotionale Bilder“ der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating			
		positiv	negativ	neutral	positiv	negativ	neutral	
Fz	Negativ	r	-0.27	0.05	0.37	0.15	0.11	-0.03
		p	0.12	0.80	0.03	0.40	0.54	0.86
	positiv	r	-0.17	-0.12	0.33	0.17	0.04	0.00
		p	0.32	0.49	0.06	0.33	0.82	1.00
	Neutral	r	-0.26	0.05	0.39	0.17	0.08	-0.07
		p	0.13	0.76	0.02	0.33	0.66	0.67
Cz	Negativ	r	-0.03	-0.09	0.41	0.15	0.04	0.04
		p	0.87	0.60	0.02	0.38	0.81	0.84
	positiv	r	0.04	-0.30	0.26	0.20	0.24	0.08
		p	0.82	0.08	0.14	0.25	0.16	0.66
	Neutral	r	-0.04	-0.15	0.32	0.15	0.12	-0.01
		p	0.81	0.40	0.06	0.38	0.49	0.93
Pz	Negativ	r	0.40	-0.08	-0.11	0.04	0.06	0.25
		p	0.02	0.63	0.55	0.80	0.72	0.15
	positiv	r	0.36	-0.13	-0.16	0.02	0.15	0.28
		p	0.03	0.45	0.37	0.90	0.39	0.10
	Neutral	r	0.40	-0.16	0.00	0.09	0.07	0.22
		p	0.02	0.35	0.99	0.60	0.69	0.20

Tabelle A12. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den EKP-Amplituden über Fz, Cz und Pz und den subjektiven Valenz und Arousal-Ratings für die Komponente P4 im Paradigma „Emotionale Bilder“ der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating			
		positiv	negativ	neutral	positiv	negativ	neutral	
Fz	Negativ	r	-0.24	0.07	0.24	0.09	-0.03	-0.06
		p	0.16	0.68	0.17	0.62	0.88	0.74
	positiv	r	-0.18	0.00	0.27	0.04	-0.16	-0.17
		p	0.29	0.99	0.12	0.81	0.36	0.32
	Neutral	r	-0.22	0.12	0.24	0.09	-0.14	-0.14
		p	0.20	0.51	0.17	0.61	0.41	0.43
Cz	Negativ	r	-0.11	0.06	0.21	0.05	-0.12	-0.08
		p	0.51	0.73	0.22	0.76	0.51	0.66
	positiv	r	-0.01	-0.11	0.24	0.15	0.06	0.01
		p	0.93	0.55	0.16	0.38	0.72	0.93
	Neutral	r	-0.04	0.05	0.12	0.16	-0.13	-0.07
		p	0.80	0.79	0.49	0.35	0.45	0.68
Pz	Negativ	r	0.28	0.19	-0.35	-0.08	-0.01	0.15
		p	0.10	0.27	0.04	0.66	0.98	0.40
	positiv	r	0.29	-0.08	-0.23	0.03	0.08	0.21
		p	0.09	0.66	0.19	0.87	0.67	0.23
	Neutral	r	0.31	-0.02	-0.29	0.04	0.03	0.16
		p	0.07	0.93	0.10	0.83	0.85	0.37

Tabelle A13. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den EKP-Amplituden über Fz, Cz und Pz und den subjektiven Valenz und Arousal-Ratings für die Komponente P5 im Paradigma „Emotionale Bilder“ der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating			
		positiv	negativ	neutral	positiv	negativ	neutral	
Fz	Negativ	r	-0.13	-0.14	0.22	0.10	-0.01	-0.03
		p	0.46	0.42	0.20	0.56	0.94	0.86
	positiv	r	-0.16	-0.07	0.22	-0.02	-0.26	-0.27
		p	0.35	0.71	0.20	0.91	0.13	0.11
	Neutral	r	-0.20	0.04	0.23	0.15	-0.09	-0.18
		p	0.25	0.81	0.19	0.40	0.60	0.29
Cz	Negativ	r	0.18	-0.07	0.00	0.05	0.03	0.09
		p	0.30	0.68	0.98	0.77	0.86	0.60
	positiv	r	0.12	-0.06	-0.08	-0.10	-0.09	-0.11
		p	0.51	0.74	0.64	0.56	0.59	0.53
	Neutral	r	0.02	0.10	-0.16	0.04	-0.09	-0.11
		p	0.90	0.56	0.35	0.80	0.60	0.52

Tabelle A14. Korrelationskoeffizienten (r) und Irrtumswahrscheinlichkeit (p) zwischen den topographischen Parametern im Paradigma „Emotionale Bilder“ und den subjektiven Valenz- und Arousal-Ratings der gesunden Stichprobe der dritten Untersuchung

		Valenz-Rating			Arousal-Rating		
		positiv	negativ	neutral	positiv	negativ	neutral
Seg 1 positiv CX+	p	0.02	-0.19	0.02	0.30	0.19	0.15
	r	0.91	0.29	0.93	0.08	0.27	0.39
negativ	p	-0.40	-0.11	-0.09	-0.12	0.21	-0.16
	r	0.02	0.54	0.61	0.49	0.22	0.35
neutral	p	-0.09	-0.07	-0.12	0.05	0.06	-0.03
	r	0.63	0.68	0.50	0.76	0.75	0.84
Seg 2 positiv GFP	p	-0.22	-0.09	-0.07	-0.08	0.07	0.13
	r	0.21	0.61	0.71	0.66	0.70	0.44
negativ	p	-0.18	-0.14	0.16	-0.07	-0.04	0.03
	r	0.30	0.42	0.37	0.69	0.83	0.88
neutral	p	-0.04	-0.08	0.07	-0.04	-0.04	0.15
	r	0.84	0.65	0.67	0.82	0.80	0.41
Seg 2 positiv CY-	p	-0.03	-0.07	0.08	-0.08	-0.14	0.02
	r	0.85	0.69	0.65	0.66	0.43	0.91
negativ	p	0.02	-0.06	0.04	0.10	0.05	0.18
	r	0.93	0.73	0.81	0.57	0.79	0.31
neutral	p	0.07	-0.13	0.21	0.14	-0.10	0.09
	r	0.70	0.47	0.24	0.44	0.56	0.62
Seg 3 positiv GFP	p	-0.06	-0.16	0.02	0.02	0.11	0.03
	r	0.71	0.35	0.92	0.91	0.52	0.84
negativ	p	-0.04	-0.19	0.07	0.06	0.26	0.02
	r	0.81	0.27	0.69	0.74	0.13	0.90
neutral	p	0.03	-0.23	-0.05	0.13	0.15	0.09
	r	0.86	0.18	0.76	0.47	0.40	0.60
Seg 5 positiv GFP	p	-0.07	0.26	-0.18	-0.20	-0.13	-0.06
	r	0.67	0.13	0.31	0.25	0.46	0.74
negativ	p	0.06	0.33	-0.28	0.00	-0.03	0.21
	r	0.73	0.05	0.10	0.98	0.85	0.22
neutral	p	0.02	0.24	-0.16	-0.21	-0.13	-0.16
	r	0.90	0.16	0.37	0.22	0.46	0.35
Seg 5 positiv CY+	p	0.19	-0.03	-0.18	0.22	0.45	0.38
	r	0.27	0.86	0.31	0.21	0.01	0.03
negativ	p	0.24	-0.01	-0.23	0.08	0.14	0.29
	r	0.16	0.94	0.19	0.66	0.41	0.09
neutral	p	0.28	-0.17	-0.27	0.21	0.15	0.35
	r	0.10	0.33	0.12	0.24	0.39	0.04
Seg 5 positiv CY-	p	-0.12	0.00	0.06	-0.16	-0.37	-0.30
	r	0.49	0.99	0.72	0.35	0.03	0.08
negativ	p	-0.13	-0.31	0.34	-0.09	-0.04	-0.26
	r	0.47	0.07	0.05	0.60	0.83	0.13
neutral	p	-0.12	0.03	0.39	-0.24	-0.20	-0.33
	r	0.48	0.86	0.02	0.17	0.25	0.06

Tabelle A15. Topographische Effekte im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der 3. Untersuchung bei Gesunden für die Segmente 1 bis 4.

Seg	Var	Neutral	Ekel	Ärger	Furcht	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd	m ± sd			
1	Latenz	115.7 ± 14.2	117.1 ± 13.1	118.5 ± 12.7	119.6 ± 12.2	2.06	2.0, 71.1	0.13
	GFP	1.91 ± 0.83	2.03 ± 0.76	2.00 ± 0.71	1.96 ± 0.74	1.32	2.2, 77.7	0.27
	CX+	3.03 ± 0.29	3.09 ± 0.27	3.08 ± 0.27	3.07 ± 0.30	1.00	2.4, 85.4	0.39
	CY+	4.07 ± 0.91	4.17 ± 0.91	4.23 ± 0.80	4.19 ± 0.84	1.43	1.9, 65.4	0.25
	CX-	3.04 ± 0.24	2.98 ± 0.26	2.93 ± 0.21	2.98 ± 0.27	3.06	3.0, 105.0	0.03
	CY-	2.54 ± 1.07	2.50 ± 1.01	2.40 ± 0.93	2.38 ± 0.94	1.10	1.6, 54.3	0.33
2	Latenz	159.9 ± 11.5	160.7 ± 11.7	158.5 ± 9.9	160.7 ± 10.5	1.32	2.2, 76.8	0.27
	GFP	2.06 ± 0.67	1.90 ± 0.56	1.88 ± 0.66	1.92 ± 0.66	5.82	3.0, 105.0	0.001
	CX+	3.04 ± 0.19	3.08 ± 0.19	3.10 ± 0.21	3.09 ± 0.20	1.22	2.3, 79.3	0.30
	CY+	2.65 ± 0.90	2.64 ± 0.93	2.58 ± 0.86	2.70 ± 0.83	1.16	2.4, 84.4	0.33
	CX-	3.05 ± 0.32	3.03 ± 0.36	2.97 ± 0.32	2.98 ± 0.44	1.36	2.3, 79.9	0.26
	CY-	4.08 ± 0.82	4.00 ± 0.93	4.06 ± 0.84	3.93 ± 0.89	1.65	2.1, 74.7	0.20
3	Latenz	231.4 ± 41.3	234.7 ± 36.7	243.1 ± 46.4	241.8 ± 44.1	1.18	2.3, 81.3	0.32
	GFP	1.50 ± 0.47	1.41 ± 0.51	1.46 ± 0.50	1.45 ± 0.51	0.94	3.0, 105.0	0.42
	CX+	3.16 ± 0.29	3.07 ± 0.34	3.12 ± 0.33	3.04 ± 0.31	1.93	3.0, 105.0	0.13
	CY+	4.41 ± 0.57	4.11 ± 0.84	4.13 ± 0.91	4.18 ± 0.85	2.88	1.9, 65.6	0.07
	CX-	2.96 ± 0.34	3.02 ± 0.37	2.95 ± 0.38	3.03 ± 0.32	0.70	3.0, 105.0	0.56
	CY-	2.17 ± 0.57	2.38 ± 0.82	2.32 ± 0.76	2.26 ± 0.78	1.20	2.1, 72.5	0.31
4	Latenz	364.2 ± 16.1	363.7 ± 13.8	365.1 ± 16.7	360.2 ± 15.2	0.75	3.0, 105.0	0.53
	GFP	0.74 ± 0.21	0.73 ± 0.25	0.75 ± 0.22	0.74 ± 0.22	0.18	3.0, 105.0	0.91
	CX+	3.16 ± 0.55	3.12 ± 0.42	3.00 ± 0.47	2.94 ± 0.46	2.36	3.0, 105.0	0.08
	CY+	3.24 ± 0.96	3.26 ± 0.91	3.20 ± 0.94	3.07 ± 1.00	0.55	3.0, 105.0	0.65
	CX-	2.93 ± 0.49	2.94 ± 0.66	3.05 ± 0.68	3.07 ± 0.52	0.82	3.0, 105.0	0.49
	CY-	2.77 ± 0.97	2.97 ± 1.10	2.91 ± 1.03	3.09 ± 1.03	0.97	2.4, 84.6	0.41

Anmerkungen: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit dem Gesichtsausdruck „Neutral“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade df und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. df = 3, 105, bei abweichenden Angaben wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse Geisser korrigiert.

Tabelle A16. Topographische Effekte im Paradigma „Negative Gesichtsausdrücke“ der 3. Untersuchung bei Gesunden für die Segmente 5 bis 7

Seg	Var	Neutral	Ekel	Ärger	Furcht	F	df	p
		m ± sd	m ± sd	m ± sd	m ± sd			
5	Latenz	432.1 ± 23.0	426.4 ± 25.2	427.9 ± 23.1	426.0 ± 25.3	0.56	3.0, 105.0	0.64
	GFP	0.71 ± 0.23	0.71 ± 0.21	0.76 ± 0.28	0.74 ± 0.24	0.91	3.0, 105.0	0.44
	CX+	3.12 ± 0.54	3.07 ± 0.47	3.06 ± 0.62	3.04 ± 0.47	0.20	2.4, 84.5	0.86
	CY+	3.51 ± 0.87	3.50 ± 0.86	3.45 ± 0.89	3.23 ± 1.10	1.04	3.0, 105.0	0.38
	CX-	2.88 ± 0.49	3.01 ± 0.46	3.01 ± 0.46	3.06 ± 0.55	1.13	3.0, 105.0	0.34
	CY-	2.41 ± 0.88	2.57 ± 1.04	2.44 ± 0.93	2.68 ± 0.96	0.93	3.0, 105.0	0.43
6	Latenz	509.5 ± 24.5	501.4 ± 24.6	508.9 ± 22.3	501.1 ± 21.9	1.36	3.0, 105.0	0.26
	GFP	0.66 ± 0.22	0.65 ± 0.22	0.65 ± 0.20	0.67 ± 0.18	0.23	3.0, 105.0	0.87
	CX+	2.98 ± 0.67	3.09 ± 0.68	2.97 ± 0.60	2.95 ± 0.65	0.31	3.0, 105.0	0.82
	CY+	2.95 ± 1.03	3.22 ± 0.84	3.09 ± 1.07	3.27 ± 0.97	0.94	2.5, 86.9	0.41
	CX-	3.04 ± 0.59	2.87 ± 0.65	3.08 ± 0.62	3.04 ± 0.57	1.00	3.0, 105.0	0.39
	CY-	3.03 ± 0.99	2.66 ± 0.89	2.76 ± 0.97	2.69 ± 1.02	1.47	3.0, 105.0	0.23
7	Latenz	590.3 ± 21.5	594.2 ± 21.1	584.4 ± 24.8	588.7 ± 20.6	1.39	3.0, 105.0	0.25
	GFP	0.73 ± 0.20	0.64 ± 0.15	0.69 ± 0.18	0.67 ± 0.22	1.81	3.0, 105.0	0.15
	CX+	2.95 ± 0.65	3.01 ± 0.74	2.96 ± 0.52	2.98 ± 0.60	0.06	3.0, 105.0	0.98
	CY+	2.94 ± 0.97	2.89 ± 0.93	3.16 ± 0.96	2.84 ± 0.95	0.85	3.0, 105.0	0.47
	CX-	3.13 ± 0.65	2.92 ± 0.83	3.10 ± 0.57	3.05 ± 0.63	0.75	3.0, 105.0	0.53
	CY-	3.08 ± 0.96	3.04 ± 0.99	2.73 ± 0.98	3.22 ± 1.00	1.77	3.0, 105.0	0.16

Anmerkungen: Dargestellt sind der Mittelwert (m) und die Standardabweichung (sd) der Latenz und des Peaks der GFP, sowie der topographischen Beschreibung des hirnelektrischen Feldes der EKPs auf Gesichter mit dem Gesichtsausdruck „Neutral“, „Furcht“, „Ärger“, „Ekel“. CX+ = Lokalisation des positiven Centroids in links-rechts Richtung; CY+ = Lokalisation des positiven Centroids in anterior-posterior Richtung; CX- = Lokalisation des negativen Centroids in links-rechts Richtung; CY- = Lokalisation des negativen Centroids in anterior-posterior Richtung. F = F-Wert des statistischen Vergleichs mittels Varianzanalyse mit dazugehöriger Anzahl der Freiheitsgrade df und der Irrtumswahrscheinlichkeit p. df = 3, 105, bei abweichenden Angaben wurden die Freiheitsgrade nach Greenhouse Geisser korrigiert.

Gesamtmittel über Fz, Cz, Pz

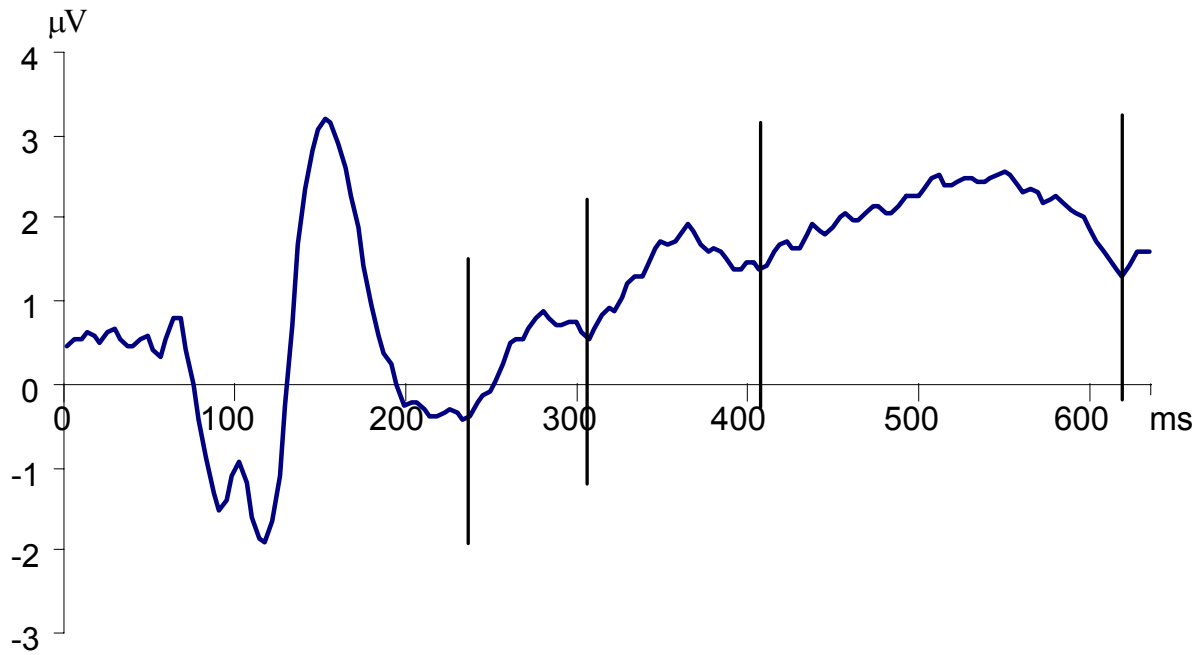


Abbildung A1. Mittlerer Kurvenverlauf über den Elektrodenpositionen Fz, Cz, Pz des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der ersten Untersuchung zur Veranschaulichung der Segmentierung

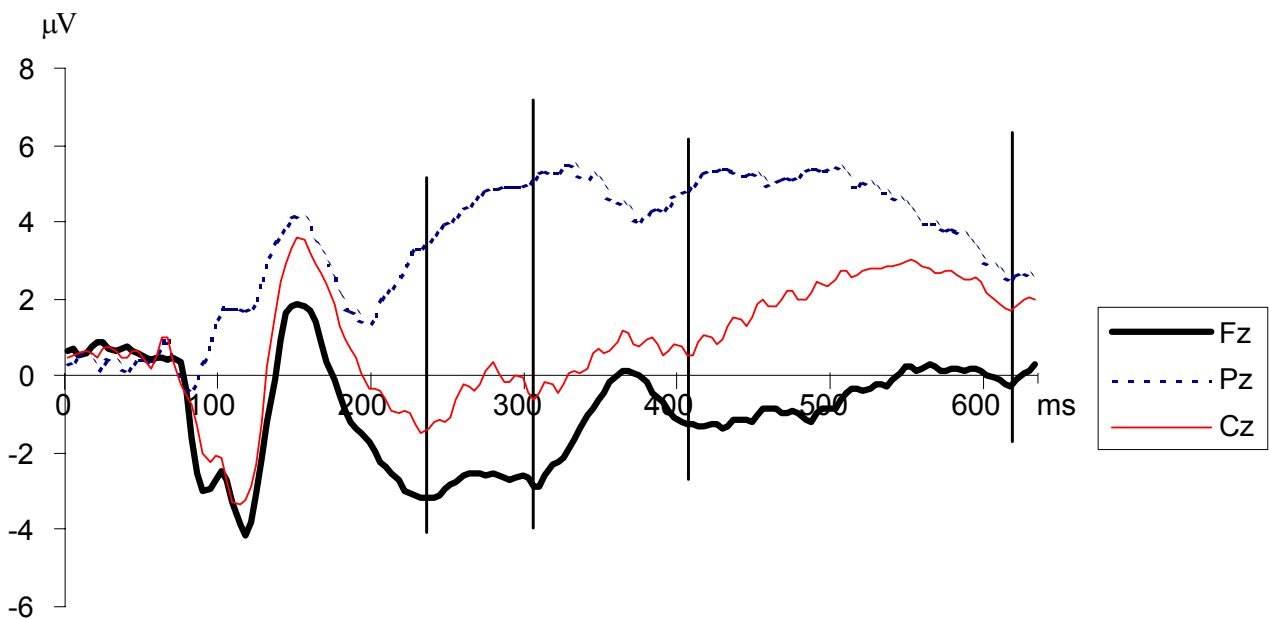


Abbildung A2. Übertragung der Segmentgrenzen auf die Einzelverläufe der Elektrodenpositionen Fz, Cz, Pz des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der ersten Untersuchung

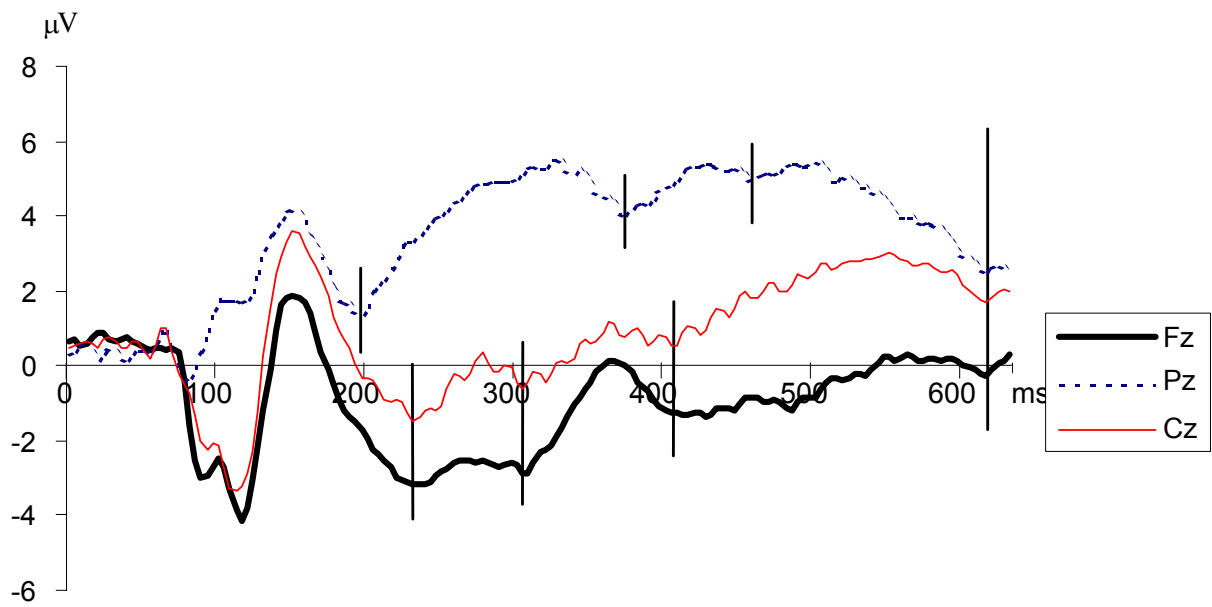


Abbildung A3. Segmentierung des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der ersten Untersuchung getrennt für Pz und Fz, Cz

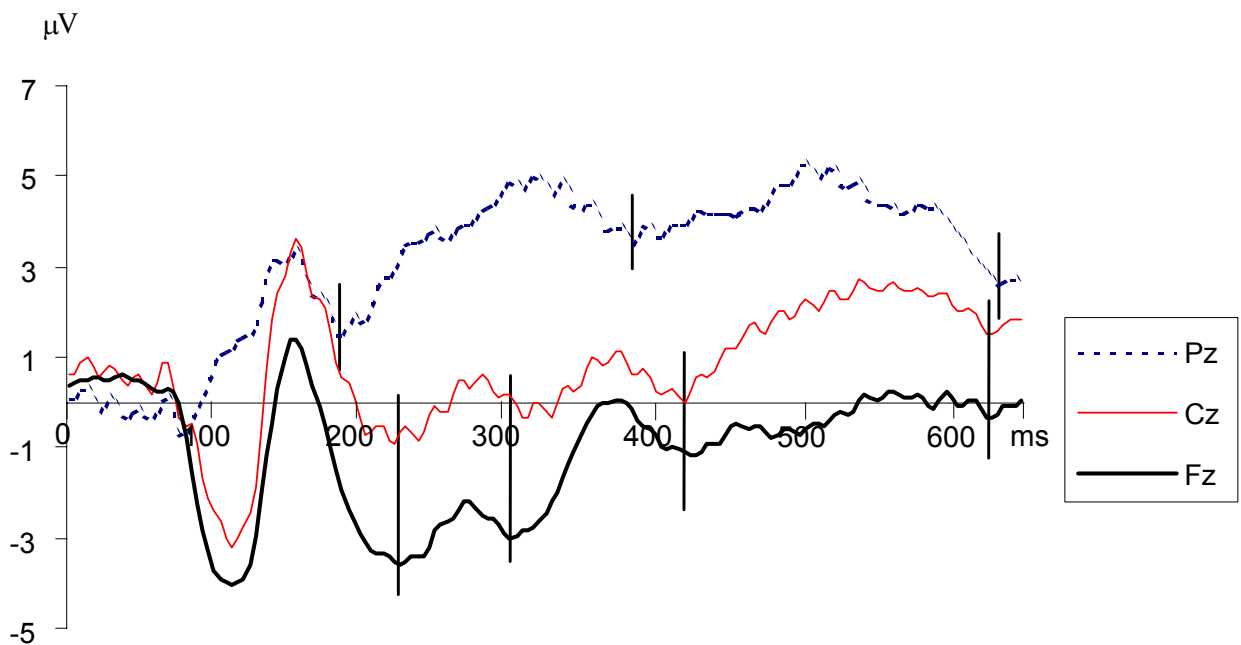


Abbildung A4. Segmentierung des Paradigmas „Negative Gesichtsausdrücke“ der ersten Untersuchung getrennt für Pz und Fz, Cz

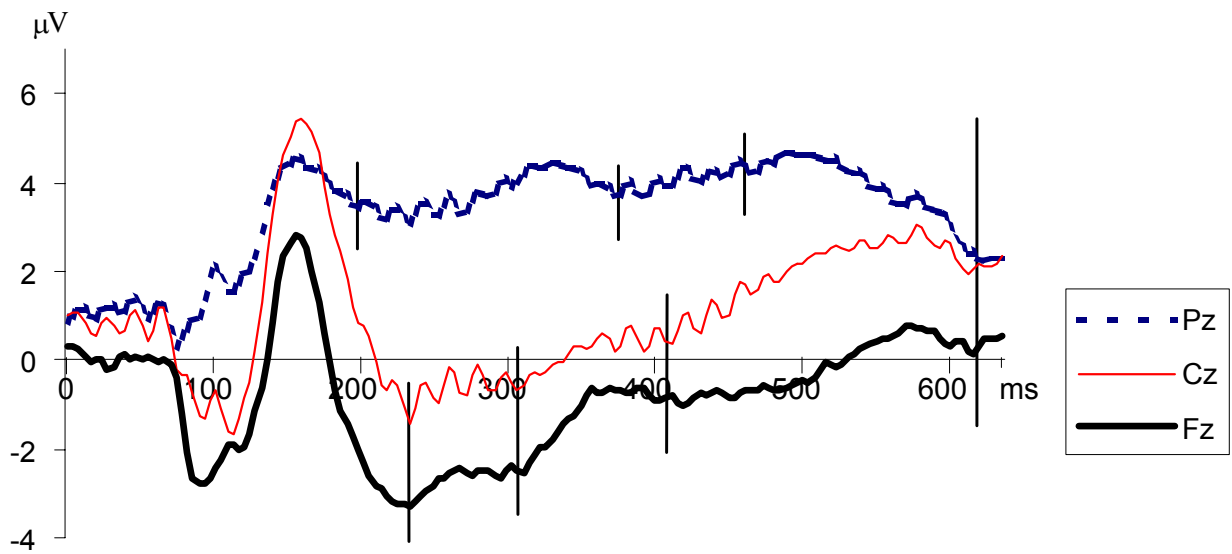


Abbildung A5. Segmentierung des Paradigmas „Emotionaler Gesichtsausdruck“ der zweiten Untersuchung getrennt für Pz und Fz, Cz

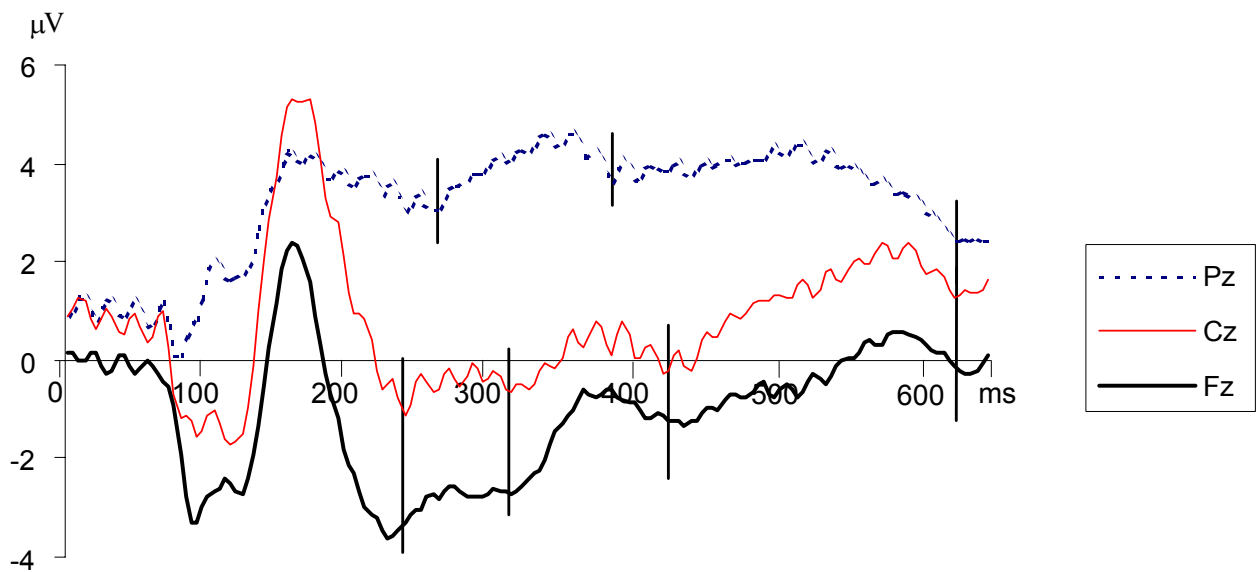


Abbildung A6. Segmentierung des Paradigmas „Negative Gesichtsausdrücke“ der zweiten Untersuchung getrennt für Pz und Fz, Cz

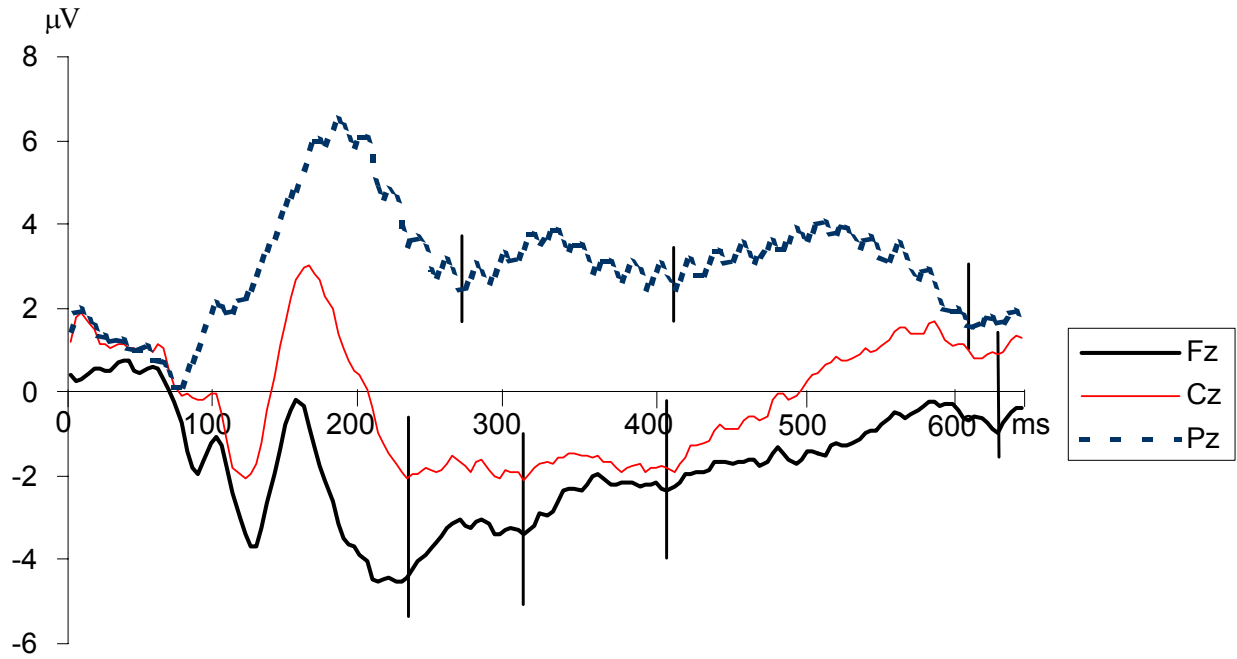


Abbildung A7. Segmentierung des Paradigmas „Emotionale Bilder“ der zweiten Untersuchung getrennt für Pz und Fz, Cz

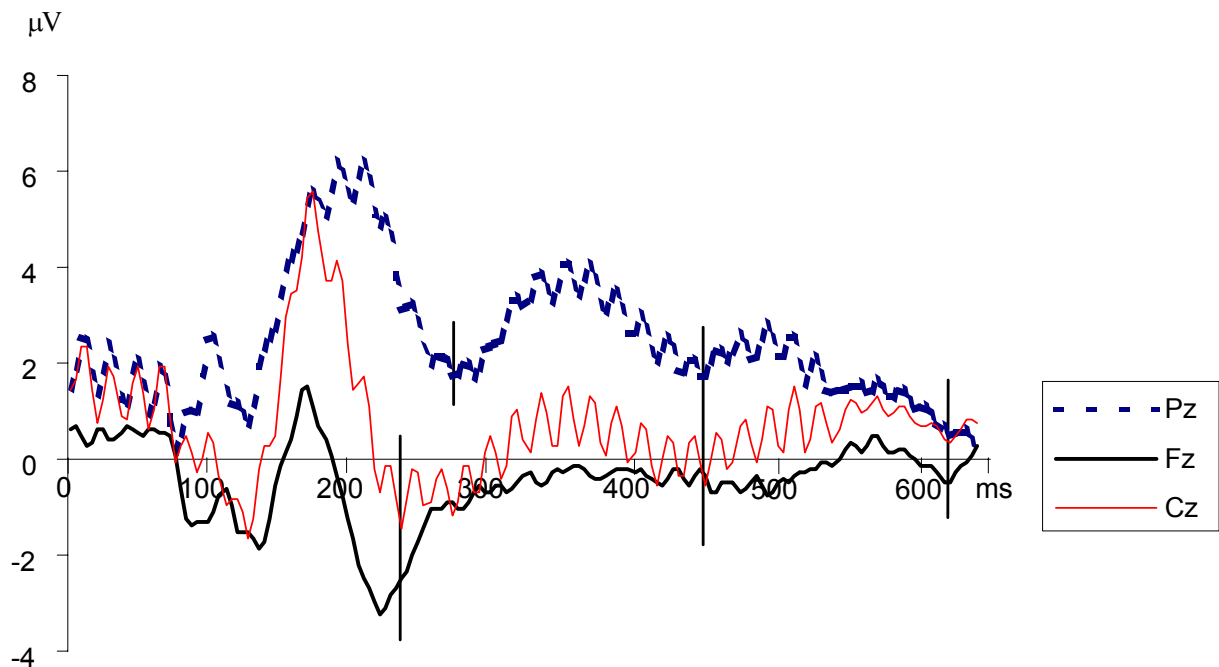
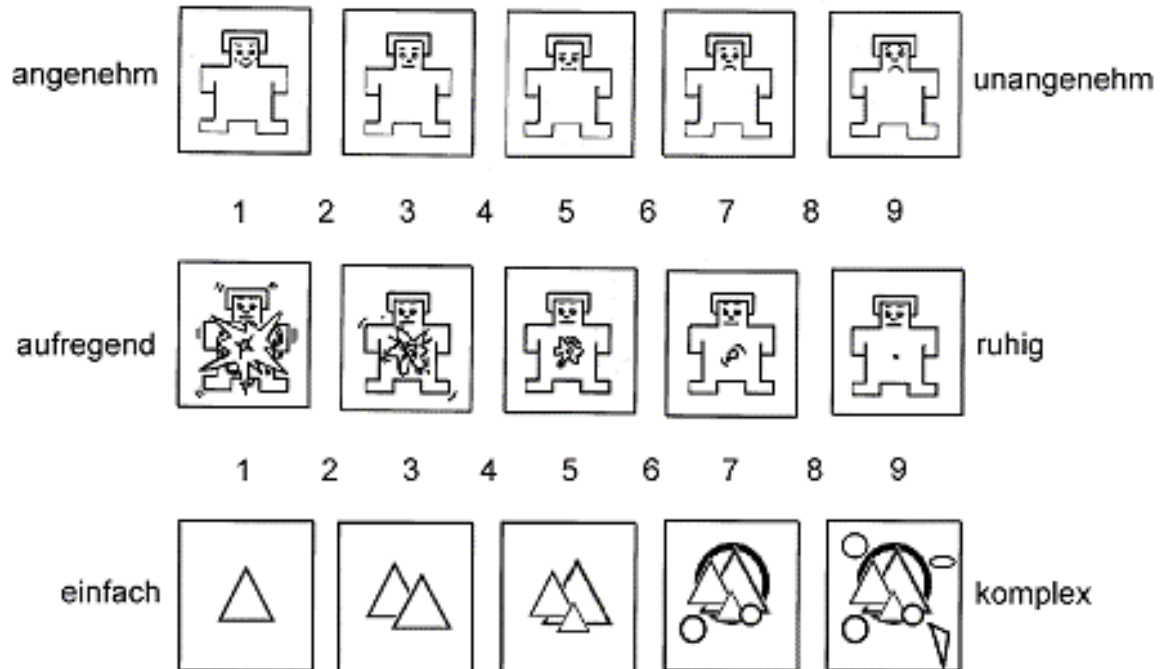


Abbildung A8. Segmentierung des Paradigmas „Komplexe Bilder“ der zweiten Untersuchung getrennt für Pz und Fz, Cz

Abbildung A9. SAM



Danksagung

Ich möchte allen Personen herzlich danken, die mir die Durchführung dieser Arbeit ermöglicht haben.

Ganz besonderer Dank geht an die beiden Gutachter Prof. Dr. Ellgring und Priv. Doz. Dr. Andreas Fallgatter für die fachliche Betreuung.

Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. (Asucion) Beckmann, Direktor der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Würzburg, danke ich für die Möglichkeit der Datenerhebung bei psychiatrischen Patienten.

Frau Inge Gröbner und Frau Neuhauser möchte ich für die praktische Unterstützung bei der EEG-Datenerhebung danken, meinen Kollegen und Kolleginnen, Freunden und Familie für ihre Unterstützung

Lebenslauf

Martin Josef Herrmann

geboren am 28. September 1970 in Uffenheim, Deutschland

Arbeitsadresse:

Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie,
Universität Würzburg

Füchsleinstr. 15, 97080 Würzburg

Tel: (0931) 201 77440

FAX: (0931) 201 77550

email: martin.herrmann@mail.uni-wuerzburg.de

Ausbildung:

1977 – 1981 Grundschule Karolinenschule, Ansbach

1981 – 1990 Gymnasium Carolinum, Ansbach

1991 – 1998 Studium Diplom-Psychologie, Julius-Maximilians-Universität
Würzburg

Berufliche Tätigkeit:

1/1999- 12/2000 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Neurophysiologischen Labor
der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Würzburg. Drittmittelprojekt BMBF: Elektrophysiologische
Cue-Reaktivität

1/2001-5/2001 Ausbildungsstipendium des Klinikums der Universität
Würzburg für wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet:
Neurophysiologische Korrelate der Emotionserkennung

seit 6/2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Neurophysiologischen Labor
der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Universität Würzburg

Würzburg, 15.10.2003