Eine fMRT-Studie zur Wahrnehmung menschlicher chemosensorischer Angstsignale

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Jörg Alexander Prehn

aus Mettmann

April 2007

Aus dem Institut für Experimentelle Psychologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Referent: Prof. Dr. Bettina M. Pause
Koreferent: Prof. Dr. Dr. Petra Stoerig
Tag der mündlichen Prüfung: 29.06.2007

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Bettina M. Pause für die Vergabe des Themas und das entgegengebrachte Vertrauen bedanken. Die vielseitige Unterstützung hat so manchen Irrweg erspart.

Ein ganz besonderer Dank an Dipl.-Psych. Dr. Christian Wiesner, der mich durchs wilde Dickicht der fMRT geführt hat. Wir hatten tolle Urwaldjahre. Auch möchte ich mich bei Dipl.-Phys. Bernfried Sojka für die überragende technische Unterstützung bedanken. Vielen Dank auch an meine ehemalige Kollegin Dipl.-Psych. Dr. Anne Orth. Ich bin mir sicher, dass die Schreibtische genau richtig standen. Das waren lebensverlängernde Maßnamen.

Weiterhin möchte ich mich bei all den Kollegen aus der Arbeitsgruppe bedanken, die tatkräftig an dem Entstehen dieser Arbeit beteiligt waren: Dank an Dipl.-Psych. Dr. Joachim Laudien, Dipl.-Psych. Mareike Barz, Dipl.-Psych. Susan Katschinski, Dipl.-Psych. Anna-Christine Göttsch, Dipl.-Psych. Diana Revent, Dipl.-Psych. Simone Stojan, Dipl.-Psych. Janna Zedlitz, Dipl.-Psych. Charlotte Nesselrode, Dipl.-Psych. Claudia Rachow, Dipl.-Psych. Nicola Zulauf, cand. phil. Johannes Hertel, cand. phil. Steffen Angstmann, cand. phil. Inka Breßmann sowie Dipl.-Psych. Dana Häbel.

Der herzlichste Dank gebührt jedoch meiner Familie. Ohne Euer unendliches Verständnis wäre diese Arbeit nicht fertig geworden. Danke Laura, Johannes, Richard und Elin für die unglaubliche Geduld.

Danke liebe Ritta!

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 13

2 Theoretischer Hintergrund 15

2.1 Methoden zur Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmungsprozesse mittels bildgebender Verfahren 15

2.1.1 Bildgebende Verfahren 15

2.1.1.1 Physiologische Grundlage neuronaler Aktivität 15

2.1.1.2 Positronen-Emissions-Tomographie 16

2.1.1.3 Funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie 17

2.1.1.3.1 Physikalische Grundlagen 17

2.1.1.3.2 Neurovaskuläre Kopplung und das BOLD-Signal 19

2.1.1.4 Experimentelle Designs 21

2.1.1.4.1 In der PET 21

2.1.1.4.2 In der fMRT 22

2.1.1.5 Subtraktionslogik 25

2.1.1.6 Abschließender Vergleich der Methoden 25

2.1.2 Methoden zur Darbietung von chemosensorischen Reizen 26

2.2 Chemosensorik 30

2.2.1 Olfaktorisches System 30

2.2.1.1 Olfaktorisches Epithel 31

2.2.1.2 Bulbus olfaktorius 32

2.2.1.3 Primärer olfaktorischer Kortex 33

2.2.1.4 Sekundärer olfaktorischer Kortex 38

2.2.1.5 Lateralisierung und der Einfluss des Geschlechts auf die Wahrnehmung olfaktorischer Reize 45

2.2.2 Trigeminales System 47

2.2.3 Sozial relevante Chemosignale und das vomeronasale System 48

2.2.3.1 Sozial relevante Chemosignale 49

2.2.3.2 Produktion von Chemosignalen 51

2.2.3.3 Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale 52

2.2.3.3.1 Vomeronasales Organ 52

2.2.3.3.2 Zentrale Projektionen 54

2.2.3.4 Befunde bildgebender Verfahren zur Wahrnehmung möglicher sozial relevanter Chemosignale beim Menschen 56

2.3 Emotionen 60

2.3.1 Wahrnehmung von Gefahrensignalen 61

2.3.1.1 Zentrale Strukturen der Wahrnehmung konditionierter Gefahrensignale 61

2.3.1.2 Zentrale Strukturen der Wahrnehmung unkonditionierter Gefahrensignale 63

2.3.2 Endokrine Adaptationen auf Gefahrensignale 65

2.3.2.1 Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse 65

2.3.2.2 Hypophysen-Gonaden-Achse 67

2.3.3 Kommunikation sozial relevanter Reize über visuelle Kanäle 69

2.4 Chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen 73

2.4.1 Expression von chemosensorischen Alarmsignalen 73
2.4.2 Chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen bei Nagetieren 74
2.4.3 Chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen bei Menschen 76

3 Fragestellung 81

3.1 Methodenvalidierung 81
3.1.1 Ableitung der Fragestellung 81
3.1.2 Präzisierung der Fragestellung 81

3.2 Hauptversuch 82
3.2.1 Ableitung der Fragestellung 82
3.2.2 Präzisierung der Fragestellung 84

4 Methodenvalidierung 85

4.1 Methode 85
4.1.1 Stichprobe der Versuchspersonen 85
4.1.2 Material 88
4.1.2.1 Chemosensorisches Reizmaterial 88
4.1.2.2 Visuelle Reize 89
4.1.2.3 Fragebögen 91
4.1.2.3.1 Händigkeitsfragebogen 91
4.1.2.3.2 SIAS 91
4.1.2.3.3 Fragebogen für die Vorhersage von Angst- oder Paniksymptomen während des Scans 92
4.1.2.3.4 MR-bezogene Version des State-Trait-Anxiety-Inventory Form X1 93
4.1.2.3.5 MR-Sicherheitsfragebogen 93
4.1.2.3.6 Fragebögen zur Geruchsbeschreibung 93
4.1.2.3.6.1 Qualitative Geruchsbeschreibung 94
4.1.2.3.6.2 Quantitative Geruchsbeschreibung 94
4.1.2.3.6.3 Emotionale Beschreibung 94
4.1.3 Apparatur 95
4.1.3.1 Chemosensorische Reizdarbietung: MR-kompatibles Olfaktometer 95
4.1.3.1.1 Konstruktion des MR-O 97
4.1.3.1.1.1 Schaltungseinheit 98
4.1.3.1.1.2 Aufbereitungsmodul 100
4.1.3.1.2 Ventileigenschaften 104
4.1.3.2 Visuelle Reizdarbietung 107
4.1.3.3 Koordinierung der chemosensorischen und visuellen Reizdarbietung 108
4.1.3.4 MR-Scanner 108
4.1.4 Design 109
4.1.4.1 Unabhängige Variable 109
4.1.4.2 Abhängige Variable 109
4.1.4.2.1 Detektierbarkeit der chemosensorischen Reize 109
4.1.4.2.2 Subjektive Beschreibung der chemosensorischen Reize 109
4.1.4.2.3 Erfassung der Hirnaktivität während der Darbietung der chemosensorischen Reize 110
4.1.4.3 Kontrollvariablen 110
4.1.4.3.1 Geruchsdetektionstest 110
4.1.4.3.2 Einhaltung der Inhalationsinstruktion 110
4.1.4.3.3 Erfassung der Angst während des Scanvorgangs 110
4.1.5 Chemosensorische Reizdarbietung 111

4.1.5.1 Geruchsdetektionstest ... 111
4.1.5.2 Subjektives Rating ... 112
4.1.5.3 fMRT-Sitzung ... 112
4.1.6 Physiologische Messdatenerhebung ... 113
4.1.7 Durchführung ... 114
4.1.7.1 Erstkontakt ... 114
4.1.7.2 Vorgespräch ... 115
4.1.7.3 Versuch ... 115
4.1.7.3.1 Versuchsvorbereitung ... 115
4.1.7.3.2 Geruchsdetektionstest und Geruchsbeschreibung ... 116
4.1.7.3.3 fMRT-Sitzung ... 116
4.1.8 Auswertung und Datenreduktion der MR-Bilder ... 117
4.1.8.1 Anatomische Bilder ... 117
4.1.8.2 Funktionelle Bilder ... 118
4.1.9 Hypothesen und statistische Analyse ... 120
4.1.9.1 Subjektive Daten ... 120
4.1.9.2 Funktionelle Bilder ... 121

4.2 Ergebnisse ... 124
4.2.1 Subjektive Daten ... 124
4.2.1.1 Geruchsdetektionstest ... 124
4.2.1.2 Detektionsrate während des Scanvorgangs ... 124
4.2.1.3 Qualitative Geruchsklassifikation ... 126
4.2.1.4 Quantitative Geruchsklassifikation ... 126
4.2.1.5 Emotionale Geruchsbeschreibung ... 128
4.2.1.5.1 SAM ... 128
4.2.1.5.2 Basisemotionen ... 130
4.2.1.6 Zusammenfassung der subjektiven Daten ... 131
4.2.2 Funktionelle Bilder ... 132
4.2.2.1 Vergleiche verschiedener Auswertungsvarianten ... 132
4.2.2.2 Aktivierungen durch chemosensorische Reize ... 133
4.2.2.2.1 Aktivierungen durch „PEA“ ... 133
4.2.2.2.2 Aktivierungen durch „Schweiß“ ... 139

4.3 Diskussion ... 143

5 Methoden ... 149

5.1 Stichprobe der Versuchspersonen ... 149

5.2 Material ... 152
5.2.1 Chemosensorische Reize ... 152
5.2.1.1 Stichprobe der Schweißprobenspender ... 152
5.2.1.2 Material für die Schweißprobenspende ... 161
5.2.1.2.1 Technisches Material ... 161
5.2.1.2.2 Fragebögen ... 161
5.2.1.2.2.1 STAI Form X2 ... 161
5.2.1.2.2.2 SPAI ... 162
5.2.1.2.2.3 Skala zur Erfassung der allgemeinen Prüfungsängstlichkeit ... 162
5.2.1.2.2.4 Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit ... 162
5.2.1.3 Kontrolle von Störeinflüssen ... 162
5.2.1.4 Durchführung ... 163
5.2.1.4.1 Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen ... 163

5.2.1.4.2 Angstsituation ... 164
5.2.1.4.3 Sportsituation ... 165
5.2.1.5 Auswertung und Datenreduktion ... 166
5.2.1.5.1 Subjektive Daten ... 166
5.2.1.5.2 Speichelproben ... 167
5.2.1.6 Ergebnisse ... 168
5.2.1.6.1 Subjektive Daten ... 168
5.2.1.6.2 Ergebnisse der Speichelprobenanalysen ... 171
5.2.1.6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse ... 174
5.2.1.7 Aufbereitung der chemosensorischen Reize ... 174
5.2.2 Visuelle Reize ... 175
5.2.3 Fragebögen ... 175

5.3 Apparatur ... 175
5.3.1 MR-kompatibles Olfaktometer ... 175
5.3.2 Visuelle Reizdarbietung ... 176
5.3.3 Koordinierung der visuellen und chemosensorischen Reize ... 176
5.3.4 MRT-Scanner ... 176

5.4 Design ... 176
5.4.1 Unabhängige Variablen ... 176
5.4.2 Abhängige Variable ... 177
5.4.2.1 Detektierbarkeit und subjektive Beschreibung der chemosensorischen Reize 177
5.4.2.2 Erfassung der Hirnaktivität während der Darbietung der chemosensorischen Reize ... 177
5.4.2.3 Kontrollvariablen ... 177

5.5 Chemosensorische Reizdarbietung ... 178
5.5.1 Geruchsdetektionstest ... 178
5.5.2 Subjektives Rating ... 178
5.5.3 fMRT-Sitzung ... 178

5.6 Physiologische Messdatenerhebung ... 178

5.7 Durchführung ... 179
5.7.1 Telefonischer Erstkontakt und Vorgespräch ... 179
5.7.2 Versuch ... 179
5.7.2.1 Versuchsvorbereitung ... 180
5.7.2.2 Geruchsdetektionstest und Geruchsbeschreibung ... 180
5.7.2.3 fMRT-Sitzung ... 180

5.8 Auswertung und Datenreduktion der MR-Bilder ... 180

5.9 Statistische Auswertung und Hypothesen ... 181
5.9.1 Subjektive Daten ... 181
5.9.1.1 Geruchsdetektionstest ... 181
5.9.1.2 Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs ... 181
5.9.1.3 Qualitative Geruchsbeschreibung ... 182
5.9.1.4 Quantitative und emotionale Geruchsbeschreibung ... 182
5.9.2 Funktionelle Bilder ... 183
5.9.2.1 First-Level-Analyse ... 183
5.9.2.2 Second-Level-Analyse ... 185

6 Ergebnisse ... 188

6.1 Subjektive Daten ... *188*
6.1.1 Geruchsdetektionstest ... 188
6.1.2 Detektionsraten während des Scanvorgangs ... 189
6.1.3 Qualitative Geruchsbeschreibung ... 192
6.1.4 Quantitative Geruchsbeschreibung ... 195
6.1.4.1 Intensität ... 196
6.1.4.2 Angenehmheit ... 197
6.1.4.3 Unangenehmheit ... 198
6.1.4.4 Bekanntheit ... 201
6.1.4.5 Zusammenfassung der Auswertung Quantitative Geruchsbeschreibung ... 203
6.1.5 Emotionale Geruchsbeschreibung ... 205
6.1.5.1 SAM ... 205
6.1.5.1.1 Valenz ... 205
6.1.5.1.2 Arousal ... 207
6.1.5.1.3 Dominanz ... 208
6.1.5.1.4 Zusammenfassung der Auswertung Emotionale Geruchsbeschreibung: SAM ... 209
6.1.5.2 Basisemotionen ... 210
6.1.5.2.1 Angst ... 210
6.1.5.2.2 Freude ... 212
6.1.5.2.3 Ekel ... 213
6.1.5.2.4 Ärger ... 215
6.1.5.2.5 Trauer ... 218
6.1.5.2.6 Überraschung ... 219
6.1.5.2.7 Zusammenfassung der Auswertung Emotionale Geruchsbeschreibung: Basisemotionen ... 220
6.1.6 Zusammenfassung der subjektiven Daten ... 222

6.2 Funktionelle Bilder ... *224*
6.2.1 Kontraste „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ ... 224
6.2.2 Kontratse „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ in Abhängigkeit des Wahrnehmendengeschlechts ... 228
6.2.3 Kontratse „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ in Abhängigkeit des Spendergeschlechts ... 232
6.2.4 Kontratse „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ in Abhängigkeit des Spender- und Wahrnehmendengeschlechts ... 237
6.2.5 Kontraste: „Körpergeruch vs. Watte“ ... 246
6.2.6 Zusammenfassung der Analyse der funktionellen Bilder ... 249

6.3 Explorative Datenanalysen ... *253*
6.3.1 Signaldetektion in den ROI´s mit liberalem Signifikanzniveau ... 253
6.3.2 Soziale Ängstlichkeit ... 261
6.3.2.1 Statistische Auswertung ... 261
6.3.2.2 Ergebnisse ... 262
6.3.2.2.1 „SIAS-niedrigscorende“ Vpn ... 262
6.3.2.2.2 „SIAS-hochscorende“ Vpn ... 266
6.3.2.3 Zusammenfassung funktioneller Bilder nach SIAS Median-Split ... 272
6.3.2.4 Reanalyse der subjektiven Daten ... 272
6.3.3 Signalsuche im medialen OFK ... 279
6.3.3.1 Vergleich der impliziten Masken aus dem Vor- und dem Hauptversuch ... 280
6.3.3.2 Maximalmaske ... 281
6.3.4 Aktivierungen im Mesenzephalon ... 283

6.3.5 Kontraste über Geschlechter 285

7 Diskussion 289

7.1 Chemosensorische Kommunikation von Angst 291
7.1.1 Subjektive Daten 291
7.1.2 Funktionelle Bilder 294
7.1.2.1 ROI-Analyse (konventionelle und explorative Auswertung) 294
7.1.2.2 Gesamthirnanalyse 303
7.1.3 Explorative Datenanalyse: Soziale Ängstlichkeit 308
7.1.4 Expression chemosensorischer Angstsignale 311

7.2 Explorative Datenanalyse: Effekte über Geschlechter 313

7.3 Bemerkungen zur Kontrastbedingung „Watte“ 316

7.4 Integration der Befunde zur chemosensorischen Kommunikation von Angst und Ausblick 321

8 Zusammenfassung 329

9 Literatur 331

10 Anhang 367

1 Einleitung

Die Chemosensorik ist vermutlich der phylogenetisch älteste Sinn, über welchen alle Organismen – von der Bakterie bis zum Menschen – verfügen. Für viele Lebewesen ist er das einzige und für fast alle Lebewesen ist er das wichtigste Wahrnehmungssystem. Unter dem Begriff Chemosensorik werden bis zu fünf verschiedene Wahrnehmungssysteme zusammengefasst. Dabei steht beim Menschen meist die Wahrnehmungsleistung des olfaktorischen Systems im Zentrum des Interesses, über welches die meisten Geruchsempfindungen vermittelt werden. Gerüche können uns schmackhaftes Essen, frisches Wasser, reine Luft, aber auch verdorbenes Fleisch, verfaultes Wasser oder einen Brand in der näheren Umgebung ankündigen und helfen uns dabei, zwischen solchen Gegebenheiten zu unterscheiden, die unser alltägliches Überleben bedrohen oder sichern.

Körpergerüche gehören in unserer Gesellschaft in der Regel nicht zu den erwünschten Gerüchen. Wirft man einen Blick in die Drogeriemärkte und Parfümerien, so beeindruckt die schier unendliche Menge an kreierten Düften, mit Hilfe derer versucht wird, Körpergeruch zu überdecken – ein Brauch, welcher bereits von den alten Ägyptern gepflegt wurde. Dabei leisten diese Sekrete im Tierreich einen unverzichtbaren Beitrag zur Aufrechterhaltung sozialer Systeme. Hierüber werden Reproduktionsverhalten initiiert, Hierarchien kommuniziert, Artgenossen zum Kampf gegen Feinde mobilisiert, Bedrohungen abgewendet usw. Die geruchliche Komponente dieser chemosensorischen Substanzen spielt bei der Vermittlung sozial relevanter Informationen jedoch eher eine untergeordnete Rolle. Vielmehr sind es die so genannten Pheromone, welche in den natürlich vorkommenden Mengen meist geruchlos sind und über welche mehr oder weniger stereotype, angeborene Verhaltensmuster ausgelöst werden können. Dabei sprechen Pheromone bei Tieren in der Regel ein spezifisches Wahrnehmungssystem an, über welches wir Menschen sowie andere höher entwickelte Lebewesen sehr wahrscheinlich nicht verfügen. Dennoch sind auch wir Menschen in der Lage verschiedene Informationen auf chemosensorischem Wege zu kommunizieren, ohne dass dies jedoch an bewusste (geruchliche) Wahrnehmungsprozesse gebunden sein muss.

In dieser Studie soll beim Menschen die chemosensorische Kommunikation von emotionalen Reaktionen untersucht werden, welche beim Tier als Stress- oder Alarmzustand bezeichnet werden. Eine chemosensorische Kommunikation von Angst/Stress steigert in Gefahrensituationen die Überlebenschancen des Individuums und des sozialen Verbunds, in dem es lebt. Für gewöhnlich denkt man bei einer Gefahrenwarnung an akustische oder visuelle Signale (Rufen, Winken), jedoch sind solche Warnungen im Vergleich zu einem Chemoreiz ein kostspieliger

Prozess: Akustische oder visuelle Warnsignale sind im Vergleich zu Chemosignalen Kräfte einfordernder, nur von kurzer Wirkdauer und verräterisch, da diese auch vom Angreifer bemerkt werden können. Mittels der Chemosensorik kann auch ein zu Tode geängstigtes Individuum, welches sich im Versteck in unmittelbarer Nähe des Feindes befindet, seine Sippe nachhaltlich warnen, ohne dass dies vom Feinde bemerkt werden würde. Eine solche Kommunikation von Angst/Stress ist beim Invertebraten und Vertebraten ein gut dokumentiertes Phänomen. Es mehren sich zunehmend Studien, welche die Hypothese einer Kommunikation von Angst zwischen Menschen stützen.

Mittlerweile sind die Hirnbereiche zur Wahrnehmung von visuellen oder akustischen Angst-/Furchtsignalen, die zur Ausführung erlernter oder angeborener Defensivreaktionen führt, intensiv untersucht. Auch gibt es Tiermodelle, welche den neuronalen Verlauf von der Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale bis zur Ausführung einer Anpassungsreaktion beschreiben. Wenn auch wir Menschen über Chemosignale emotionale Zustände wie Angst kommunizieren, so stellt sich die Frage, ob sich diese Form Wahrnehmung mit Hilfe bildgebender Verfahren darstellen lässt und welche Strukturen hieran beteiligt sind.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Methoden zur Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmungsprozesse mittels bildgebender Verfahren

Im Jahre 1992 beschrieben Zatorre und Mitarbeiter in einer Pionierarbeit die Wahrnehmung chemosensorischer Reize beim Menschen mit Hilfe der funktionellen Bildgebung (Zatorre, Jones-Gotman, Evans & Meyer, 1992). Die hierbei dargestellten Befunde stellen bis heute wegweisende Erkenntnisse bei der Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmungsprozesse dar. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von bildgebenden Untersuchungen, welche zum besseren Verständnis der chemosensorischen Wahrnehmung beim Menschen beitragen. Da in dieser Arbeit die Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmungsprozesse mittels bildgebender Verfahren eine zentrale Rolle spielt, werden im Folgenden die Grundlagen der am häufigsten eingesetzten bildgebenden Verfahren beschrieben. Anschließend werden Methoden zur Darbietung chemosensorischer Reize vorgestellt.

2.1.1 Bildgebende Verfahren

Im Forschungsbereich der Psychophysiologie stellen die funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie (fMRT) und die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) die zurzeit am häufigsten eingesetzten Verfahren zur Abbildung funktioneller Prozesse dar. Mit Hilfe dieser so genannten bildgebenden Verfahren können auf indirektem Wege Aussagen über Neuronenaktivität getätigt werden. Hierbei wird angenommen, dass psychologische Prozesse das Ergebnis von zentralnervösen Nervenzellverbandaktivitäten darstellen, welche einen regional erhöhten Metabolismus bzw. zu einer hieraus bedingten vaskulären Adaptation führen. Mit Hilfe geeigneter Messverfahren lassen sich der Metabolismus bzw. die vaskulären Veränderungen bildlich darstellen. Durch die Zuordnung der gemessenen Signale zu verschiedenen Hirnregionen sind unter Berücksichtung des experimentellen Designs Rückschlüsse auf die Lokalisation psychischer Prozesse möglich. Im Folgenden werden die physiologischen, physikalischen und experimentellen Grundlagen beider bildgebenden Verfahren vorgestellt.

2.1.1.1 Physiologische Grundlage neuronaler Aktivität

Die energetische Grundlage neuronaler Aktivität stellt die Spaltung von Adenosintriphosphat (ATP) in Adenosindiphosphat (ADP) und ein anorganes Phosphat dar. Die Generierung von ATP erfolgt dabei in einem ersten Schritt über eine intrazelluläre Glukolyse, bei welcher Gluko-

se in Pyruvate mit einer Nettoproduktion von zwei ATP gespalten wird. Unter Sauerstoffzufuhr bewirkt eine nachfolgende Reaktionskaskade eine Umwandlung von Pyruvate in 34 ATP, ohne Sauerstoffzufuhr wird Pyruvate hingegen ohne weitere Bildung von ATP in Laktat umgewandelt. Glukose stellt dabei den größten Energielieferant im menschlichen Organismus dar, wobei unter Verbrauch von Sauerstoff die Effizienz der Energieproduktion deutlich gesteigert werden kann. Die Kompensation des erhöhten Glukose-/Sauerstoffbedarfs erfolgt über Diffusion aus den umgebenden Blutgefäßen. Nervenzellaktivität bewirkt die Ausschüttung von vasoaktiven Substanzen (vermutlich Kalium, Adenosine, Nitridoxid) in den extrazellulären Raum, welche sowohl lokal eine Vasodilatation der umgebenden Arteriolen einleitet, als auch - entgegen der Blutflussrichtung - zu einer Dilatation der zuführenden größeren Arterien führt (Birbaumer & Schmidt, 2006; Huettel, Song & McCarthy, 2004; Schmidt, 2006; Thews & Vaupel, 2005).

2.1.1.2 Positronen-Emissions-Tomographie

Bei der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) wird die Metabolisierung von so genannten Radiotracern erfasst. Hierbei handelt es sich um physiologische oder pharmakologische Substanzen, welche aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu körpereigenen Molekülen an der Metabolisierung teilnehmen (z.B. Glukose, Wasser, Aminosäuren etc.) und mit einem radioaktiven Isotop[1] markiert sind. In der PET kommen unter anderem die radioaktiven Isotope ^{18}F (Fluor), ^{11}C (Kohlenstoff), ^{13}N (Stickstoff) oder ^{15}O (Sauerstoff) zum Einsatz. Diese Isotope senden beim atomaren Zerfall Positronen aus (β-Zerfall), wobei die Halbwertszeit je nach Isotop zwischen 2 und 110 min liegt. Nach dem Zerfall verlieren die Positronen nach kurzer Wegstrecke (0,4 – 1,4 mm) ihre kinetische Energie, kommen zum Stillstand und interagieren mit einem lokalen Elektron. Beide Teilchen werden durch diese Interaktion vernichtet und wandeln sich in 2 Photonen um. Dabei entfernen sich die Photonen in einem Winkel von 180° voneinander. Diese diametral voneinander weichenden Photonen können mit Hilfe von Photonendetektoren erfasst werden, welche rund um den Kopf angeordnet sind. Ein Messpunkt wird dann registriert, wenn 2 genau gegenüberliegende Detektoren gleichzeitig getroffen werden (Reiman, Lane, van Petten & Bandettini, 2000; Kettenmann, Hummel & Kobal, 2001). Aufgrund der gemessenen Signaldichte kann auf die lokale Verteilung der Radiotracer geschlossen werden. Dabei eignet sich das Element ^{18}F beispielsweise für die radioaktive Markierung von Glukose, wodurch Aussagen über den zerebralen Glukosemetabolismus (Cerebral Metabolic Rate of Glucose: CMR_{glu}) möglich sind. Die Markie-

[1] Isotope umfassen eine Atomkernsorte (sog. Nuklid; definiert über die Anzahl der Protonen und Neutronen eines Atomkerns), welche aus Atomen gleicher Ordnungs- (d.h. Protonen-) jedoch unterschiedlicher Massen- (d.h. Neutronen-) zahl im Kern bestehen; ein Radioisotop besteht aus einem radioaktiven Nuklid; also aus Atomen, welche zum radioaktiven Zerfall neigen.

rung von Wasser mit ^{15}O hingegen lässt Rückschlüsse auf die zerebrale Durchblutung (Cerebral Blood Flow: CBF) zu.

Bereits 1977 konnten Sokolow und Mitarbeiter in einem bildgebenden Verfahren (Autoradiographie[2]) am Tier den Zusammenhang zwischen dem CMR_{glu} und dem CBF zeigen (Sokoloff, Reivich, Kennedy, Des Rosiers, Patlak, Pettigrew, Sakurada & Shinohara, 1977). Dieser Befund ließ sich 1986 durch eine einflussreiche Serie an PET-Studien am Menschen bestätigen. Fox und Raichle (1986) erfassten mittels PET u.a. den CBF und den CMR_{glu}. Nach längerer Exposition der Versuchspersonen (Vpn) mit visuellem Material wurden in okzipitalen Regionen ein Anstieg des CFB (um 50%) und des CMR_{glu} (um 51%) festgestellt.

2.1.1.3 Funktionelle Magnet-Resonanz-Tomographie

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über einige Grundlagen der MR-Physik, der hämodynamischen Reaktionen sowie experimenteller Designs dargestellt werden.

2.1.1.3.1 Physikalische Grundlagen

Die Magent-Resonanz-Tomographie (MRT) ermöglicht eine Darstellung unterschiedlicher Gewebestrukturen sowie Perfusionsvorgängen in Form von hoch auflösenden 3-D-Bildern. Für diese Form der Darstellung werden sich die quantenmechanischen Eigenschaften von Atomen, insbesondere von Wasserstoffatomen[3], zu Nutze gemacht: Atome besitzen einen Spin, d.h. sie „drehen“ sich um die eigene Achse. In einem externen Magnetfeld richten sich die Spins der Wasserstoffatome entlang der Feldlinien aus[4], wodurch eine messbare magnetische Kraft entsteht. Die Achse, um welche sich das Atom in einem Magnetfeld dreht, kann durch einen Hochfrequenzimpuls (HF-Impuls) selber zur Rotation angeregt werden. Dabei wird der Winkelgrad der Achsenrotation (Flipwinkel) durch die Stärke des HF-Impulses und die Frequenz der Rotation (Lamorfrequenz) durch die Stärke des externen Magnetfeldes bestimmt. Nach dem Abschalten des

[2] Die Autoradiographie ist ein invasives bildgebendes Verfahren, welches im Tierversuch angewendet wird. Hierbei werden biologisch relevante, radioaktiv gekennzeichnete Moleküle injiziert, die sich in den Nervenzellen anlagern, welche die markierten Moleküle metabolieren. Nach ausreichender Exposition wird das Hirn in Scheiben in einer photographischen Emulsion eingelegt. Auf diese Weise können solche Nervenzellverbände sichtbar gemacht werden, welche die Moleküle während der Exposition aufnahmen (Huettel et al., 2004).

[3] Der Spin eines Atomkerns setzt sich aus den Spinanteilen seiner Kernteilchen (Protonen und Neutronen) zusammen. Atomkerne, welche sowohl eine grade Anzahl von Protonen als auch Neutronen besitzen (z.B. Sauerstoff ^{16}O oder Kohlenstoff ^{12}C), weisen keinen resultierenden Kernspin auf. Die magnetischen Eigenschaften einer geraden Anzahl von Spins heben sich für den Kern gegenseitig auf. Nur Atomkerne mit einer ungeraden Anzahl von Atomteilchen bewirken einen resultierenden Kernspin. Hierzu gehört das Wasserstoffatom, welches ein elementarer Bestandteil von Wasser und Fett und damit das häufigste Element im menschlichen Körper ist.

[4] Zwar richten sich die Spins sowohl parallel als auch antiparallel zu den Feldlinien aus, jedoch gibt es immer einen Überschuss an feldlinien-paralleler Spins. Im Weiteren ersetzt der Begriff Spin den Begriff Überschussspin.

HF-Impulses „pendeln“ sich die Spins wieder in Richtung Feldlinien ein. Da die Spins durch den HF-Impuls nun zunächst alle zur selben „Seite“ geneigt wurden, rotieren diese nach Abschalten den HF-Impuls synchron mit gleicher Frequenz und geraten in Phase. Durch diese Phasenbildung entsteht eine messbare Magnetisierung: die so genannte Quermagnetisierung. Diese Rotation der Spins in Phase hält jedoch nicht lange an, sodass die Quermagnetisierung schon bald wieder zerfällt. Indem sich die Spins wieder entlang der Feldlinien auslenken, baut sich die Magnetisierung in Längsrichtung wieder auf: die so genannte Längsmagnetisierung. Dabei sind sowohl der Zerfall der Quermagnetisierung als auch der Aufbau der Längsmagnetisierung Prozesse, welche mittels sensibler Radioempfänger erfasst werden können.

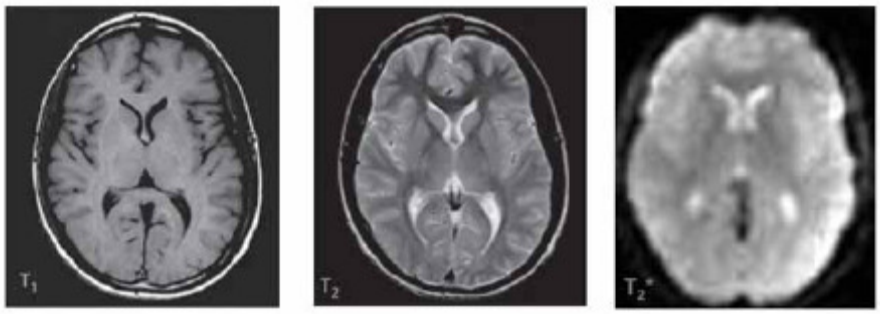


Abbildung 2-1: Darstellung von T1, T2 und T2*-gewichteten Kontrasten

T_1-Kontrast

Der Aufbau der Längsmagnetisierung dauert bis zu einigen Sekunden, wobei die Geschwindigkeit des Aufbaus lokal durch den Gewebetyp, d.h. durch eine gewebetypische Zeitkonstante „T_1“ bestimmt ist. Gewebe mit einem hohen Wasserstoffatomanteil besitzt eine lange T_1 verglichen mit Gewebe, welches eine geringere Wasserstoffatomverteilung aufweist. Die Darstellung, bei welcher zu einem gegebenen Zeitpunkt (TR: Time of Repetition) die unterschiedliche, gewebeabhängige Längsmagnetisierung erfasst werden und relativ zueinander in Beziehung gesetzt werden (d.h. von einander kontrastiert werden), wird als T_1-Kontrast bezeichnet. In einem solchen T_1-Kontrast erscheint weiße Gehirnsubstanz (geringer Wasseranteil) heller, verglichen mit grauen Gehirnanteilen (höherer Wasseranteil). Liquor mit einem hohen Wasseranteil erscheint hingegen im T_1-Kontrast als schwarz. Das Ergebnis eines solchen Kontrastes ist in der Abbildung 2-1 eingetragen.

T_2-Kontrast

Der Zerfall der Quermagnetisierung (Quer-Relaxation) erfolgt im Millisekunden- bis Sekundenbereich, wobei wie im Falle der Längsmagnetisierung dieser Vorgang ebenfalls durch den Ge-

webetyp, d.h. durch eine gewebetypische Zeitkonstante „T_2“, bestimmt ist. Die Darstellung der differentiellen, gewebetypischen Quer-Relaxation (T_2-Kontrast) ermöglicht die Bestimmung der lokalen Flüssigkeitsverteilung. In einem T_2-Kontrast erscheint Gewebe mit hohem Flüssigkeitsanteil hell, je geringer der Flüssigkeitsanteil jedoch wird, desto dunkler wird die Darstellung des entsprechenden Gewebes. In Abbildung 2-1 ist das Ergebnis eines solchen T_2-Kontrastes dargestellt. T_2-gewichtete Bilder eignen sich vor allem für die klinische Anwendung zur Diagnose von z.B. Tumoren oder von Gefäßveränderungen.

T_2-Kontrast*

Aufgrund von technisch bedingten Inhomogenitäten des Magnetfeldes erfolgt die Quer-Relaxation tatsächlich wesentlich schneller, als es die T_2-Konstante angibt. Dabei wird der effektive Zerfall der Quermagnetisierung unter Berücksichtigung der Feldinhomogenitäten durch die Zeitkonstante T_2* beschrieben[5]. Mit Hilfe spezieller Echo-Sequenzen – der so genannten Echoplanaren Bildgebung (Echoplanar-Imaging: EPI) – lassen sich die zeitlich sehr schnell ablaufenden effektiven Quer-Relaxationen erfassen. Aufgrund der hohen zeitlichen Auflösung der EPI-Sequenzen sind die hieraus resultierenden Kontraste frei von Bewegungsartefakten. Somit eignen sich diese Sequenzen zur Untersuchung von dynamischen Prozessen und zur diffusionsgewichteten Bildgebung. Die Abbildung 2-1 zeigt das Ergebnis eines T_2*-Kontrasts.

2.1.1.3.2 Neurovaskuläre Kopplung und das BOLD-Signal

Wie unter 2.1.1.1 beschrieben, zieht neuronale Aktivität in der Regel eine Vasodilatation der zuführenden Arteriolen und kleineren Arterien nach sich, wodurch ein lokales Mehrangebot an sauerstoffreichem Blut entsteht. Der Anteil der an das Hämoglobin gebundenen Sauerstoffatome beeinflusst hierbei die Magnetisierbarkeit (Suszeptibilität) des Blutes: Während oxigeniertes Blut diamagnetische Eigenschaften besitzt und von einem Magnetfeld im schwachen Maße abgestoßen wird, so ist desoxigeniertes Blut paramagnetisch und wird vom Magnetfeld angezogen (Huettel et al., 2004). In wegweisenden Studien zeigten Ogawa und Kollegen, dass sich diese unterschiedlichen Suszeptibilitäten des Blutes mit Hilfe des T_2*-Kontrastes sichtbar darstellen lassen, wobei diese Darstellung des unterschiedlichen Anteils des Sauerstoffgehalts im Blut auch

[5] Durch die Schaltung von z.B. 180°-Pulsen zu bestimmten Zeitpunkten (TE: Time of Echo) kann die Quer-Relaxation jeweils in einem gewissen Maße rückgängig gemacht werden. Da dem erneuten Aufbau der Quermagnetisierung wieder der Zerfall folgt, lässt sich nach jedem 180°-Puls ein erneutes Signal erfassen – es entsteht jeweils ein Echosignal. Nun verliert dieses Echosignal nach jedem 180°-Puls an Energie, wobei nach einer bestimmten Zeitkonstante (genau T_2) die zusätzliche Signalerfassung erschöpft ist. Es lässt sich also festhalten, dass die Darstellung eines T_2-Kontrasts durch das Echotieren der effektiven Quer-Relaxation mit Hilfe so genanten Multiecho-Sequenzen erfolgen kann.

als Blood-Oxygenation-Level-Dependent (BOLD)-Kontrast bezeichnet wird (Ogawa & Lee, 1990; Ogawa, Lee, Nayak & Glynn, 1990). Mit Hilfe des BOLD-Kontrastes wird demnach ein korrelativer Zusammenhang zwischen einem psychologischen Prozess und der Veränderung im vaskulären System bestimmt, welcher auch als Neurovaskuläre Kopplung bezeichnet wird (Raichel, 2003; Villringer, 1997).

Logothetis, Augath, Trinath & Oeltermann (2001) verifizierten den Zusammenhang zwischen BOLD-Signal und neuronaler Aktivität am Rhesusaffen. Den Affen wurde ein sich drehendes Schachbrettmuster dargeboten, währenddessen mit Hilfe von fMRT die vaskulären Veränderungen im visuellen Kortex erfasst wurden. Anschließend wurde mit Hilfe von Mikroelektrodenableitungen die neuronale Aktivität solcher Neuronenverbände erfasst, in deren Bereich zuvor BOLD-Aktivität gemessen wurde. Es zeigte sich, dass sich das BOLD-Signal durch die Neuronenaktivität linear vorhersagen ließ. Die Autoren schlossen daraus, dass sich im BOLD-Signal Änderungen der Neuronenaktivität valide widerspiegeln, wobei das BOLD-Signal jedoch eher als ein Maß für die synaptische Aktivität und damit für den neuronalen Input zu verstehen ist und weniger die Feuerrate von einzelnen Nervenzellen oder ganzer Nervenzellverbände darstellt (Logothetis et al., 2001; Logothetis, 2002, Logothetis & Pfeuffer, 2004). Für eine weiterführende Diskussion über den Zusammenhang zwischen MR-Signal und neuronaler Aktivität wird auf Heeger und Rees (2002) und Huettel, McKeown, Song, Hart, Spencer, Allison & McCarthy (2004) verwiesen.

Die Veränderung des BOLD-Signals in einem T_2*-Kontrast infolge neuronaler Aktivität wird als Hämodynamische Reaktion (HR) bezeichnet und kann in Abhängigkeit der Zeit als Funktion dargestellt werden (HR-Funktion: HRF; Huettel et al., 2004). Die Abbildung 2-2 (A) zeigt eine standardisierte HRF, welche die Software SPM2 als Grundlage zur Schätzung von BOLD-Reaktionen verwendet. In der Regel ist eine HRF durch einen raschen Signalanstieg gekennzeichnet, welcher nach einer bestimmten Zeit den Höhepunkt („Peak“) erreicht und danach wieder abfällt. Dabei kommt es zum so genannten „Undershoot“, d.h. das Signal fällt unter die Baseline ab und kehrt erst nach gewisser Zeit wieder auf Baseline-Niveau zurück. In einigen Fällen kann kurz vor dem Anstieg des Signals ein kurzer Signalabfall („initial dip“) beobachtet werden (Bandettini et al., 2000). Ein solcher „initial dip“ ist in Abbildung 2-2 (B) zu erkennen. Anhand dieser empirischen HRF ist weiterhin zu erkennen, dass die HRF kein universelles Ereignis darstellt. Neben intra- und interindividuellen Variationen ist eine HRF auch in Amplitude und Verlauf durch z.B. die Stärke eines Reizes bestimmt. Die Abbildung 2-2 (C) verdeutlicht diesen Zusammenhang. Ein „schwaches“ Ereignis ruft eine „schwache“ Veränderung der HRF im BOLD-Signal hervor, während mit zunehmender Signalstärke die Signalamplitude zunimmt

und sich zeitlich weiter ausdehnt. Bei Darbietungen von Reizen in kurzen Zeitintervallen kommt es zudem zu einer Überlagerung der einzelnen HR´s, wodurch die HR´s zu einer gemeinsamen Kurve verschmelzen (Huettel et al., 2004). Die Art der Reizpräsentation hat somit einen bedeutenden Einfluss auf das zu messende Signal. Das experimentelle Design gibt dabei vor, welche Form von HR zu erwarten ist.

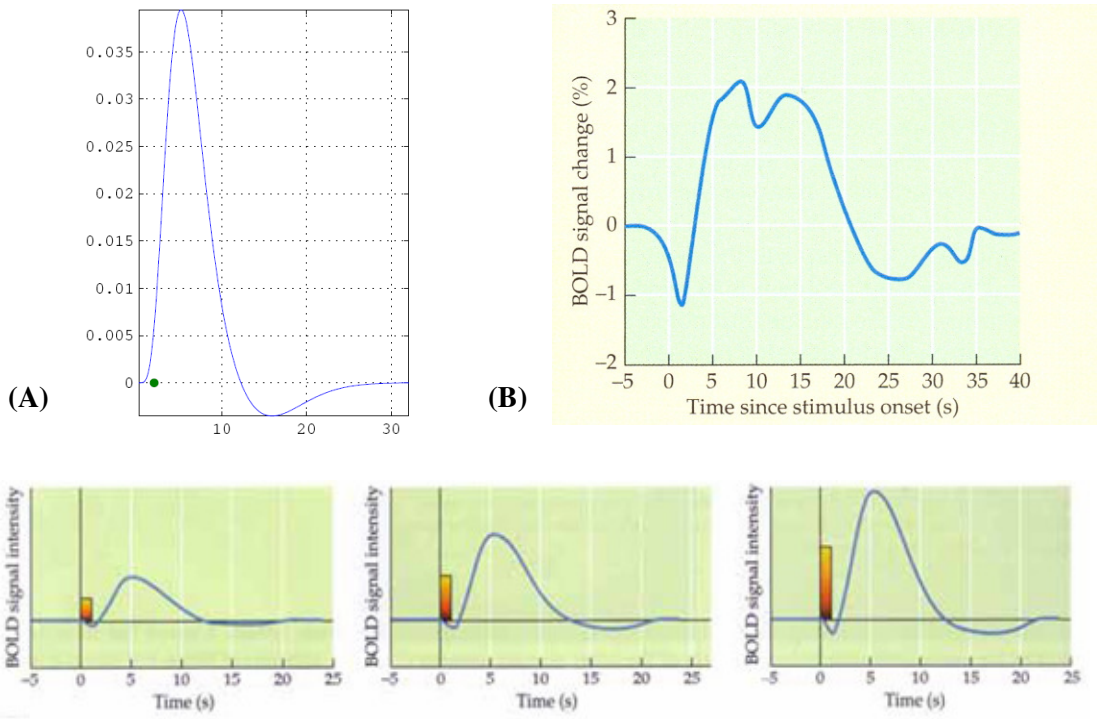


Abbildung 2-2: HRF- Bespiele
(A) Theoretische, standardisierte HRF (aus SPM2)
(B) Beispiel einer empirischen HRF (aus Huettel et al, 2004)
(C) Der Verlauf einer HRF in Abhängigkeit der Reizintensität: Mit zunehmender Intensität des Inputs (Balken) kommt es zum proportionalen Signalzuwachs (aus Huettel et al, 2004)

2.1.1.4 Experimentelle Designs

2.1.1.4.1 In der PET

Aufgrund der relativ langen Halbwertszeiten (mind. 2 min) und der Dauer eines einzigen Scanvorgangs von ca. 30 s können Signalränderungen infolge kurzfristiger Ereignisse im Sekundenbereich nicht oder nur schwerlich detektiert werden. Daher sollte die Reizdarbietung in der PET in massierter Form erfolgen, wobei Reize unterschiedlicher Ereignisklassen aufgrund der physikalischen Voraussetzungen im größeren zeitlichen Abstand zueinander dargeboten werden müssen. Für das experimentelle Design bedeutet dies, dass Reize nur in zeitlich größeren Einheiten (Blöcke) bzw. mehrere Reize derselben Ereignisklasse hintereinander dargeboten werden kön-

nen. Da bei PET-Studien in Hinblick auf die Strahlenbelastung die Untersuchungszeit limitiert ist und Vpn nicht beliebig oft untersucht werden können, bestimmt das verwendete Radioisotop die Untersuchungszeit und somit die Anzahl der Untersuchungsdurchgänge (Kettenmann et al., 2001; Raichle, 2003; Reiman et al, 2000). Somit beschränkt sich die Wahl des Designs bei der PET auf die so genannten Blockdesigns, auf welche im folgenden Abschnitt noch weiter eingegangen wird.

2.1.1.4.2 In der fMRT

In der fMRT werden hauptsächlich zwei Arten von experimentellen Designs verwendet: das bereits erwähnte Blockdesign und das Event-Related-Design.

Blockdesign

Beim Blockdesign werden, wie oben bereits beschrieben, die Reize einer Ereignisklasse über einen längeren Zeitraum kontinuierlich dargeboten. Diese Form der Darbietung hat einen bedeutsamen Einfluss auf das BOLD-Signal: Werden zwei distinkte Ereignisse kurz hintereinander dargeboten, so fällt das BOLD-Signal (infolge des ersten Reizes) nach dem Anstieg nicht wieder in Richtung Baseline ab, sondern wird durch die nächste BOLD-Reaktion überlagert und es kommt zu einer Kumulierung beider BOLD-Signale. Werden mehrere Ereignisse in einem Block kurz hintereinander dargeboten, so kann dies eine Sättigung der zuführenden Gefäße mit Sauerstoff bewirken, welche in einem Plateau des Signals auf hohem Niveau resultiert. Die Abbildung 2-3 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Somit erhöht sich bei einer geblockten Darbietung von Ereignissen die lokale Verfügbarkeit von Sauerstoff weit über das Maß einer einzelnen Reaktion hinaus und führt zu einem deutlichen Zuwachs an detektierbarem Signal. In dieser exzellenten Ausschöpfung des BOLD-Signals liegt auch der Vorteil des Blockdesigns: Durch die Anwendung eines solchen Designs steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Aktivierungen auch eine statistische Signifikanz erreichen, welche durch das experimentelle Design hervorgerufen wurden (die so genannte „Detection Power“). Der Nachteil eines Blockdesigns liegt zum einen darin, dass durch die Überlagerungen mehrerer BOLD-Signale die Informationen über den zeitlichen Verlauf der Einzelreaktionen verloren gehen. Einzelreaktionen sind wie oben beschrieben keineswegs Standardreaktionen, sondern weisen differenziellen Charakter auf und sind eben nur bedingt charakteristisch. Diese differentielle Information ist wiederum wichtig bei der Rekonstruktion des Signals. Zu einem Plateau verschmolzene BOLD-Reaktionen reduzieren somit die so genannte „Estimate Power“. Ein unmittelbares Problem der sich überlagernden BOLD-Reaktionen stellt sich bei der Bindung von Signalvarianz durch das Modellieren unterschied-

lichster Ereignisse: Kombinierte Ereignisse, wie z.B. die Wahrnehmung eines Reizes und eine geforderte Reaktion hierauf (z.B. das Abgeben einer Rückmeldung darüber, ob ein Reiz wahrgenommen wurde oder nicht), sind im BOLD-Signal untrennbar miteinander verbunden und können nicht mehr als einzelne Ereignisse definiert werden. Zudem ist ein Blockdesign anfälliger gegenüber dem so genanten Scanner-Drift. Hierbei überlagern langwellige Veränderungen im Scanner-Magnetfeld die BOLD-Reaktionen innerhalb eines Blocks (Bandettini et al., 2000; Huettel et al., 2004).

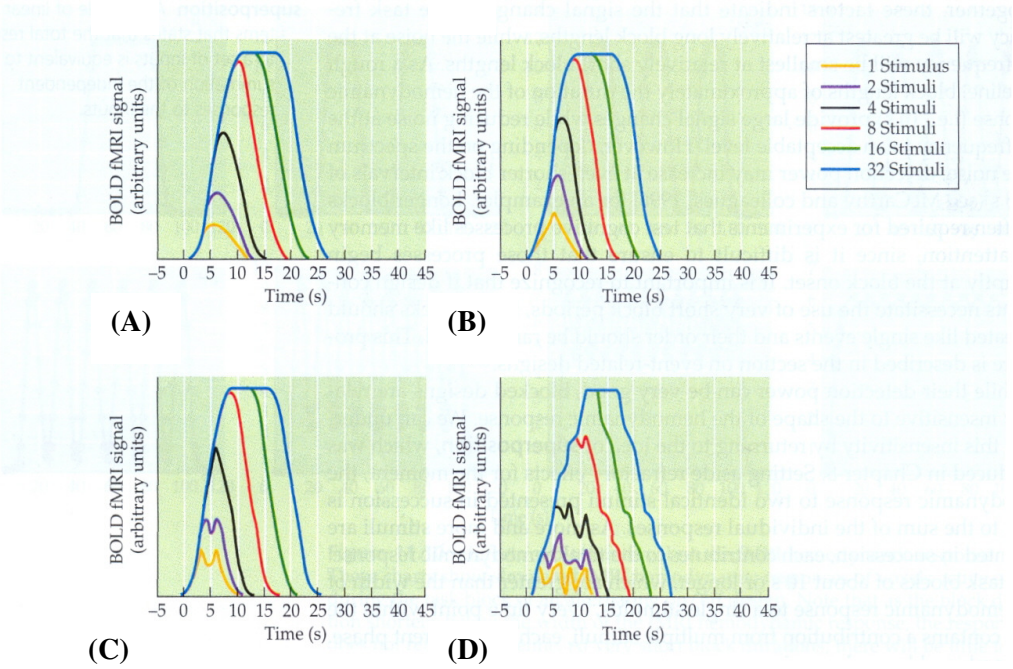


Abbildung 2-3: HRF im Bockdesign
Die Abbildungen A-D zeigen den Einfluss der wiederholten Reizdarbietung auf die HRF: Während die HRF bei einer einzelnen Reizdarbietung noch einen individuellen Charakter aufweist (gelbe Kurve), gleichen sich die HRF´s mit zunehmender Reizwiederholung aneinander an. Nach 32 Reizdarbietungen (blaue Kurve) sind diese in den Abbildungen A-C nahezu identisch, lediglich die sehr ausgeprägte HRF in Abbildung D bewirkt auch noch nach 32 Wiederholungen eine individualisierte HRF (aus Huettel et al, 2004).

Ein Blockdesign kann aus dem einfachen Wechsel zwischen einer einzigen experimentellen Bedingung (A) mit einer Ruhebedingung (R) resultieren (A-R-A-R). Es können jedoch auch mehrere experimentelle Bedingungen alterierend dargeboten werden (A-B-A-B, A-R-B-R-A-R-B-R usw.), wobei mit steigender Anzahl von Bedingungen die effektive Darbietungsdauer der einzelnen Bedingungen sinkt und sich damit die Detection Power mindert.

Event-Related-Design

Die ereigniskorrelierten Designs (Event-Related-Designs) sind in der fMRT-Forschung die mittlerweile am häufigsten eingesetzten experimentellen Designs. Ziel bei der Anwendung eines

Event-Related-Designs ist es, neuronale Aktivität als eine exklusive, abgrenzbare Reaktion auf ein distinktes Ereignis erfassen können. Hierzu werden einzelne kurze Ereignisse in einem größeren zeitlichen Abstand zueinander dargeboten. Dabei kann das Intervall zwischen den Ereignissen (Interstimulusintervall: ISI) entweder durch einen fixen Abstand bestimmt werden oder innerhalb eines bestimmten Zeitbereiches variieren. Bei der fixen Zeitvorgabe („Periodic Event-Related-Design“) unterscheidet man zwischen langsamen (ISI > 15 s) und schnellen (ISI < 15 s) Designs. Der Vorteil bei den langsameren Designs liegt darin, dass das BOLD-Signal aufgrund des langen ISI wieder auf Baseline-Niveau zurückkehrt. So könnte die Zeit unmittelbar vor der Darbietung eines Reizes als Baseline (Prästimulus-Baseline) zur weiteren Berechnung verwendet werden. Dies ist vor allem für Event-Related-Designs mit einer einzigen experimentellen Bedingung relevant. Der Nachteil langer ISI´s liegt darin, dass sie den Versuch entweder sehr in die Länge ziehen oder es müssen die Anzahl der Durchgänge pro Reizklasse reduziert werden, was wiederum zu Lasten der Detection Power geht. Schnellere Designs haben den Vorteil, dass mehr Ereignisse präsentiert werden können, jedoch irgendwann zum Blockdesign (mit allen Vor- und Nachteilen) avancieren (Huettel et al., 2004). Ein optimales ISI bei einem „Periodic Event-Related-Design“ liegt bei ca. 10-12 s (Bandettini & Cox; 2000; Birn, Cox, Bandettini, 2002). Indem Ereignisse in randomisierter Reihenfolge dargeboten werden, wird das ISI zwischen Ereignissen derselben Reizklasse variiert („Jittering“). Der Vorteil hierbei liegt darin, dass das Intervall zwischen den Trials (ITI) relativ kurz gewählt werden kann, jedoch muss darauf geachtet werden, dass sich keine Ereignis-Blöcke bilden (Huettel et al., 2004).

Durch den Einsatz eines Event-Related-Designs sind die einzelnen BOLD-Reaktionen voneinander abgegrenzt und können sogar als eigenständige Ereignisse ausgewertet werden. In den meisten Fällen werden die einzelnen Ereignisse einer experimentellen Bedingung jedoch zusammengefasst und gemeinsam als Ereignisklasse ausgewertet. Da sich nun die BOLD-Reaktionen nicht mehr überlagern erhält man - verglichen mit einem Blockdesign - insgesamt zwar weniger Signal, jedoch können je nach Fragestellung und Auswertungsbedarf die Ereignisse zu unterschiedlichen Ereignisklassen zusammengefügt werden (das so genannte „trial sorting“). Somit liegen die Vor- und Nachteile des Event-Related-Design auf der Hand: die „Detektion Power“ ist gegenüber einem Blockdesign geringer, jedoch weist das Event-Related-Design gegenüber dem Blockdesign eine höhere „Estimation Power“ sowie eine größere Variabilität in der Auswertbarkeit (und damit in der Varianzbindung) auf (Bandettini er al., 2000; Huettel et al., 2004; Mechelli, Henson, Price & Friston; 2003).

2.1.1.5 Subtraktionslogik

In der funktionellen Bildgebung lassen sich Aktivierungsmuster dann sinnvoll interpretieren, wenn sie in Beziehung zueinander gesetzt werden; der absolute Signallevel in einem experimentellen Design ist bedeutungslos. Als Konsequenz hieraus bedienen sich heutzutage viele bildgebende Studien der Subtraktionslogik, welche bereits 1868 von Donders eingeführt wurde (Donders 1868, erneut erschienen in Donders, 1969). Die für die Bildgebung adaptierte Logik besagt dabei: Subtrahiert man die Signale, welche in Bedingung A erfasst wurden, von jenen, welche in Bedingung B gemessen wurden, so beschreibt die Signaldifferenz die Mehraktivierung der Bedingung B im Vergleich zur Bedingung A. Es ist leicht einzusehen, dass die Aussagekraft der Signaldifferenz umso höher ist, in je weniger Merkmalen sich Bedingung A und B unterscheiden. Eine optimale Kontrastbedingung liegt dann vor, wenn sich Ereignis A und Ereignis B nur in einem, dem für die Fragestellung relevanten Merkmal unterscheiden (Culham, 2004, Reiman et al., 2000). Eine reine Ruhebedingung als Subtraktionsbedingung scheint nicht sinnvoll, da eine Ruhebedingung nicht immer mit einer „kognitiven Null-Bedingung“ oder Baseline gleichzusetzen ist. Neben der Tatsache, dass sich in einer experimentellen Bedingung gegenüber einer Ruhebedingung eine Vielzahl von psychologischen Vorgängen unterscheiden, lassen sich darüber hinaus immer wieder paradoxerweise stärkere Aktivierungsmuster in der Ruhebedingung beobachten, verglichen mit den Aktivierungsmustern einer experimentellen Bedingung (Gusnard & Raichle, 2001; Greicius, Krasnow, Reiss & Menon, 2003; Stark & Squire, 2001).

2.1.1.6 Abschließender Vergleich der Methoden

PET und fMRT sind Verfahren, welche zur Darstellung funktioneller Prozesse eingesetzt werden, wobei jedes Verfahren eigene Vorzüge aufweist. Hier sollen nur einige Vor- und Nachteile der Verfahren hinsichtlich der Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmungsprozesse gegenüber gestellt werden. Für eine genauere Übersicht wird auf Reiman und Mitarbeiter (2000) verwiesen.

Die Vorteile der PET gegenüber der fMRT liegen zum einen darin, dass neben Perfusionsvorgängen auch die Metabolisierung von z.B. Neurotransmittern in vivo untersucht werden können. In der fMRT lassen sich hingegen „lediglich“ vaskuläre Vorgänge abbilden, mit Hilfe derer auf eine neuronale Aktivität geschlossen wird. Weiter sind PET-Aufnahmen verglichen mit fMRT-Signalen weniger artefaktbehaftet: Neben Artefakten, welche auf Kopf-/ Körperbewegungen oder scannerbedingte Magentfeldinhomogenitäten zurückzuführen sind, kommt es bei der fMRT häufig zu Signalminderungen oder Signalauslöschungen in solchen Hirngebieten, welche

einen hohen Gewebe-Luft-Übergang aufweisen. Aufgrund der unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften von Luft und Gewebe treten diese Suszeptibilitätsartefakte vor allem in ventralen, frontalen und temporalen Hirnrandgebieten auf – Gebiete, welche mit der Wahrnehmung chemosensorischer Reize assoziiert werden (Kettenmann et al., 2001; Zald & Pardo, 2000). Ein wichtiger Vorteil der fMRT gegenüber der PET liegt in der hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung. Gerade die zeitliche Flexibilität ermöglicht den Einsatz von experimentellen Designs, bei welchen neuronale Aktivierungen von schnell habituierenden Wahrnehmungsvorgängen – wie sie beispielsweise bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize beobachtet werden - dargestellt werden soll (Kettenmann et al. 2001; Reiman et al. 2000). Ein Maß für den räumlichen Auflösungsgrad ist das so genannte „Full-Width at Half-Maximum“ (FWHM), welches den Mindestabstand zweier benachbarter Bereiche angibt, um als zwei unterschiedliche Aktivierungsfoci detektiert zu werden. Bei der PET beträgt das FWHW mindestes 10 mm (Zald & Pardo, 2000), bei der fMRT hingegen in der Regel 3 mm. Ungeachtet der Art der Fragestellung ist nicht zu vergessen, dass eine PET-Untersuchung eine hohe Strahlenbelastung nach sich zieht, während die fMRT ein nicht invasives Verfahren darstellt (Kettenmann et al., 2001; Reiman et al., 2000).

2.1.2 Methoden zur Darbietung von chemosensorischen Reizen

Während die besonderen Wirkungen von Gerüchen bereits in antiken Schriften erwähnt wurden und schon Leonardo da Vinci (1452-1519) erste wissenschaftliche Arbeiten über den Geruchssinn veröffentlichte, geht die Methode der präzise dosierten Darbietung von chemosensorischen Reizen auf Zwaardemaker (1927) zurück (nach Doty, 2003). Zwaademakers Apparatur – das erste in der Literatur beschriebene “Olfactometer“ (siehe Abbildung 2-4 A) – bestand aus einer skalierten Röhre, welche an einem Ende in die Nase des Probanden geführt wurde. Auf das andere Ende wurde eine mit Geruch befüllte Röhre aufgesetzt. Indem die mit Geruchsstoffen befüllte Röhre in Richtung Proband geführt wurde, entwich aus dem freien Ende der inneren Röhre Geruchsluft und gelangte in die Nase des Probenden (Riese-Lyon, 1936).

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Methoden zur Darbietung von chemosensorischen Reizen. Die Abbildung 2-4 stellt einige weitere Beispiele vor. Heutzutage reicht die Palette der technisch einfacheren, manuellen Darbietungsmethoden von (B) mit Geruchsstoff befüllte Glasflaschen und (C) „Squeeze bottels“ über (D) Parfüm-Teststreifen oder so genanten T&T-Olfaktometer (benannt nach den Entwicklern Toyota & Takagi, vgl. Ishimaru, Shimada, Miwa, Furukawa, 2002; Kobayashi, M., Nishida, K., Nakamura, S., Oishi, M., Shiozaki, T., Majima, Y., Maeda, T., Furuta, S., Takashima, Y. & Sait, S., 2004) und (E) mikroverkapselte Geruchsstoffe (z.B. der „University of Pennsylvania Smell Identification Test“: UPSIT; Doty, Shaman &

Dann 1984) bis hin zu (F) „Druckluft-Injektions-Olfakometer“ (siehe auch Doty & Laing, 2003). Beispiele für technisch aufwändigere, computergesteuerte Apparaturen sind (G) das Burghart-Olfaktometer oder (H) für den Einsatz am MRT konzipierte Olfaktometer.

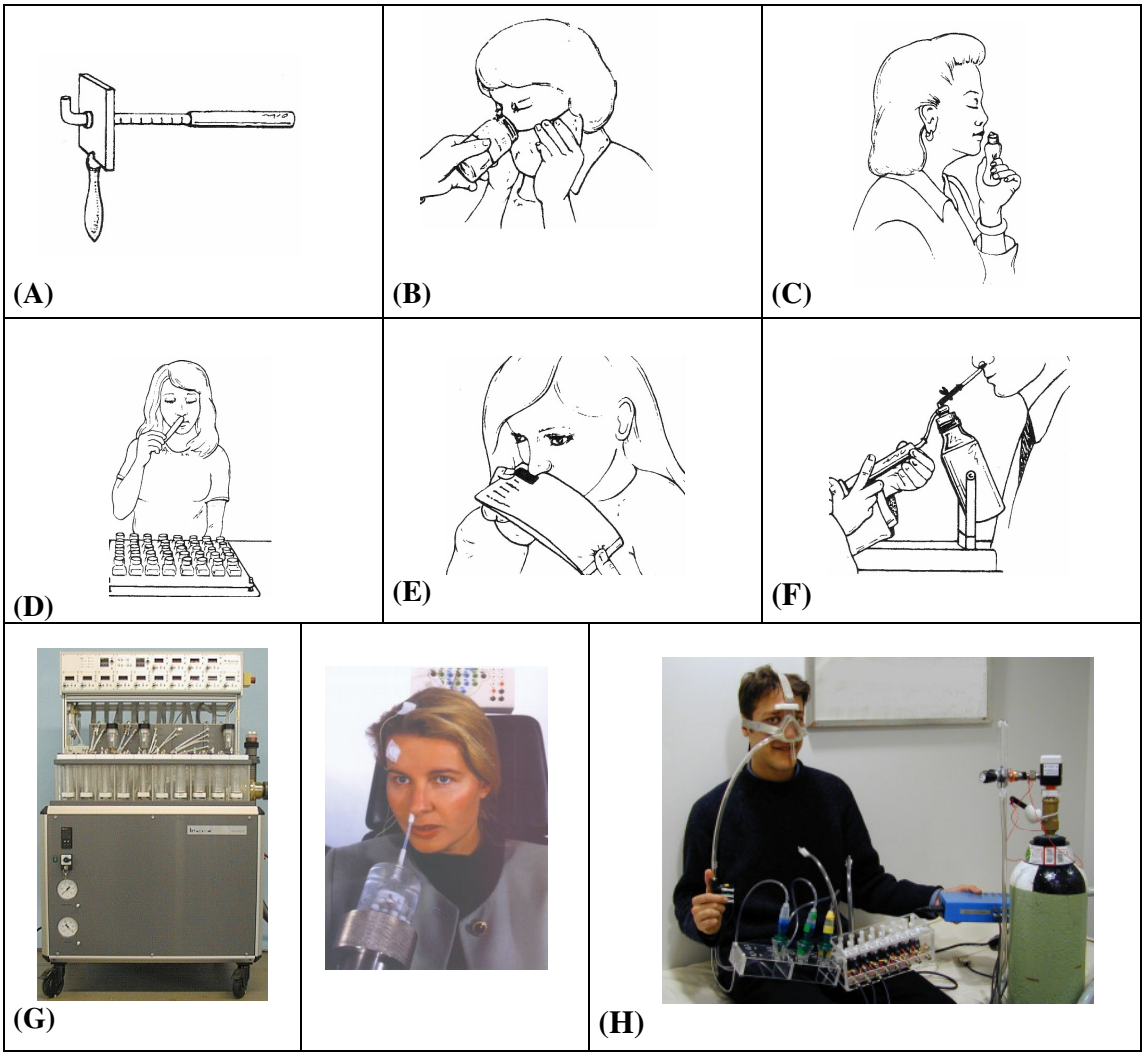


Abbildung 2-4: Methoden zur Darbietung von Gerüchen
A-B: Methoden zur manuellen Darbietung (aus Doty & Laing, 2003); G & H: Beispiele für computergesteuerte Olfaktometer

(A) Zwaardemakers „Zug-Olfaktometer“ („draw-olfactometer“)
(B) „Geruchsflasche“: Mit Geruchsstoff befüllte Glasflaschen, welche nach dem Öffnen den Geruchsstoff freigeben
(C) „Squeeze bottel“: Flasche aus weichem, geruchslosen Material, welche beim Zusammendrücken ihre geruchlichen Inhaltsstoffe aus einer Öffnung freigibt
(D) Parfüm-Teststreifen oder T&T-Olfaktometer
(E) Mikroverkapselte Geruchsstoffe auf Papier: durch mechanisches Reiben werden Duftmoleküle freigesetzt
(F) „Druckluft-Injektions-Olfakometer“: Über eine manuelle Druckpumpe wird Luft in eine mit Geruchsstoffen befüllte Flasche gepumpt und entweicht durch einen Schlauch in die Nase des Probanden
(G) Computergesteuertes Olfaktometer „OM2b“ der Firma Burghart mit Applikationseinheit
(H) Computergesteuertes, MRT-taugliches Olfaktometer der Arbeitsgruppe „FMRTB“

Die Wahl der Darbietungsmethode und dem damit verbundenen technischen Aufwand wird letztlich durch die Fragestellung der Studie bzw. das hierdurch erforderliche experimentelle Design bestimmt. Beispielsweise ist für die Bestimmung der chemosensorischen Wahrnehmungsschwellen der Einsatz von Glasflaschen oder „Squeeze bottels“ ausreichend. Auch zur Bestimmung der Detektierbarkeit eines chemosensorischen Reizes oder zur überschwelligen Geruchsbewertung sind diese Methoden adäquat (zur Übersicht siehe Doty & Laing, 2003).

Für die Untersuchung von chemosensorischen Ereignis-Korrelierten Potentialen (CSEKP´s) ist die Verwendung von technisch aufwendigeren, computergesteuerten Olfaktometern mit präziser Reizdarbietung und konstantem Flussstrom erforderlich (Kobal, 2003). Um ein günstiges Signal-Rausch-Verhältnis zur Auswertung von CSEKP´s zu erzeugen, muss (A) der Reiz zeitlich präzise (d.h. kurze An- und Abstiegsflanke, kontinuierlicher Stimulusverlauf) dargeboten werden und (B) sollten Veränderungen im Signal nur auf die unterschiedlichen geruchlichen Sensationen - nicht jedoch auf die Aktivität von intranasaler Mechano- oder Thermorezeptoren - zurückgeführt werden können. Eine Änderung der Luftstromverhältnisse geht grundsätzlich mit einer Reizung der intranasalen Mechano- oder Thermorezeptoren einher (Kobal, 2003). Eine von Kobal (1985) entwickelte Methode, mit welcher geruchliche Reize sowohl zeitpräzise als auch ohne zusätzliche Reizung der intranasalen Mechano- oder Thermorezeptoren dargeboten werden können, ist in Abbildung 2-5 vorgestellt. Indem die zur Nase führende Luft noch zusätzlich befeuchtet wird, kommt es nicht zu einer (schmerzhaften) Austrocknung der Schleimhäute. Ein Bespiel, bei welchen dieses Schaltungsprinzip realisiert wurde, ist dass in Abbildung 2-4 dargestellte „Burghart-Olfaktometer“. Die Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmung mit Hilfe bildgebender Verfahren erfordert in Abhängigkeit der Fragestellung meist einen speziellen technischen Aufwand. Die einfachste Methode, chemosensorische Reize während eines PET- oder fMRT-Scanns darzubieten, ist jedoch die, mit Geruchsstoff präparierte Wattestäbchen direkt an die Nase der Vp zu halten (siehe Zatorre, Jones-Gotman, Evans & Meyer, 1992; Levy, Henkin, Hutter, Lin, Martin & Schellinger, 1997). Diese Methode eignet sich für Fragestellungen, für welche ein einfaches Blockdesign ausreichend ist. Fragestellungen, bei welchen die chemosensorischen Reize zeitlich präzise präsentiert werden müssen, erfordern eine automatisierte Darbietungsmethode.

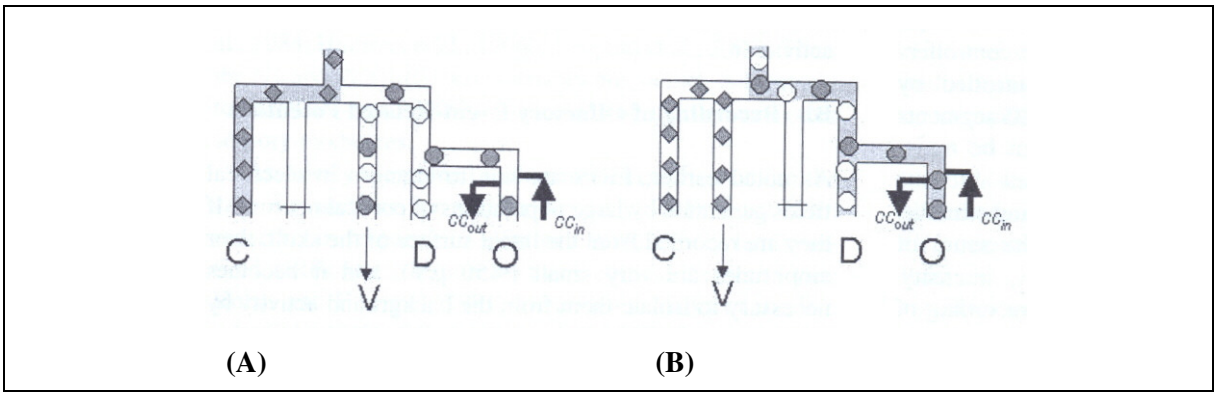


Abbildung 2-5 Prinzip der Kobal-Schaltung
Es sind hier Luftstromverhältnisse zu zwei unterschiedlichen experimentellen Zeitpunkten dargestellt: Abbildung (A) beschreibt die Ventilschaltung während des Interstimulusintervalls (ISI) und Abbildung (B) die Ventilsschaltung während der Stimuluspräsentation. In beiden Fällen wird Kontrollluft („Control"; „C"), Mischluft („Dilution"; „D") und Geruchsluft („Odorant"; „O") Richtung Ausgang („A") geleitet. Dabei entspricht die Luftflussmenge „C" der Summe aus „D" und „O". Zwei Vakuumkanäle („Vacuum"; „V") führen Luft ab, wobei die Menge der abgeführten Luft jeweils genau „C" bzw. „D" + „O" entspricht. In Abhängigkeit der Schaltung dieser Vakuumkanäle wird nun entweder „D" mit „O" abgesogen, wodurch „C" über den Nasenausgang die Vp erreicht (der gemeinte Luftstrom ist grau unterlegt). In diesem Falle befindet man sich im ISI. Im Falle der Stimuluspräsentation wird hingegen „C" abgesogen, sodass nun „O" zusammen mit „D" in die Nase der Vp gelangt (gemeinter Luftstrom ist wieder grau unterlegt). Entscheidend hierbei ist, dass sich somit der Netto-Luftstrom am Nasenstück nicht ändert. Durch eine einheitliche Temperierung von „C", „D" und „O" erfolgt die Schaltung zwischen ISI und SI ohne Reizung von Mechano- und Thermorezeptoren. Die in der Abbildung eingezeichnete Schaltung der Sperrluft („Cross-Current"; „CC") dient der „Absperrung" von Geruchsluft, damit Duftmoleküle im ISI (oder während der Schaltung eines weiteren Geruchs) nicht ungewollt in Richtung Ausgang diffundieren.

Lorig, Elmes, Zald und Pardo (1999) fassen die Eigenschaften ein MRT-kompatible Olfaktometer, welches sich auch für den Einsatz in einem Event-Related-Design eignet, wie folgt zusammen: Neben der Tatsache, dass alle Bauteile in Scanner-Nähe keine ferromagnetischen Eigenschaften aufweisen dürfen, soll das Gerät in der Lage sein, mittels Computersteuerung mehrere Gerüche auch in randomisierter Reihenfolge darbieten zu können. Die Gerüche sollen dabei selektiv und in reliabler Dauer präsentiert werden. Um intranasale Reizung von Thermo- oder Mechanorezeptoren zu vermeiden, sollen die Reize in einem konstanten Luftstrom präsentiert werden. Lorig und Mitarbeiter (1999) schlagen eine Konstruktion vor, welche diese Forderungen berücksichtigt und bereits in vielen Untersuchungen als Grundlage zum Bau eines MR-O´s verwendet wurde (siehe Gottfried, Deichmann, Winston & Dolan, 2002; Popp, Sommer, Müller & Hajak, 2004; Wang, Hari, Chen & Jacob, 2004). Eine ausführliche Besprechung dieser Konstruktion findet sich unter 4.1.3.1.

2.2 Chemosensorik

Die Wahrnehmung chemosensorischer Reize ist der phylogenetisch älteste Sinn, über welchen Organismen verfügen (Firestein, 2001; Hildebrand, 1995; Strausfeld & Hildebrand, 1999). Die Chemosensorik dient der Steuerung von Nahrungsaufnahme, zur Vermeidung von noxischen Substanzen und reguliert bei höher entwickelten Mehrzellen soziales Verhalten (Burdach, 1988; Wyatt, 2003).

Chemosensorische Reize werden von den meisten Säugetieren über das olfaktorische System, über das trigeminale System und über das vomeronasale System wahrgenommen (Brennan & Keverne, 2003; Doty, 1991a; Doty & Cometto-Muñiz, 2003; Silver & Maruniak, 1981). Darüber hinaus werden das septale Organ und der terminale Nerv als weitere mögliche chemosensorisch rezeptive Systeme beschrieben, jedoch ist ihr spezifischer Beitrag zur Chemosensorik bislang noch unklar (Ma, Grosmaitre, Iwema, Baker, Greer & Shepherd, 2003; Kaluza, Gussing, Bohm, Breer & Strotmann, 2004; Schwanzel-Fukuda & Pfaff, 2003; Weiler & Farbman, 2003). Während die bewusste Wahrnehmung chemosensorischer Reize und der damit verbundenen geruchlichen Sensation überwiegend dem olfaktorischen System zugeschrieben wird, leistet das trigeminale System hierzu einen ergänzenden Beitrag (Hudson & Distel, 2002). Die Steuerung sozialer Prozesse durch chemosensorische Reize ist wiederum hauptsächlich dem vomeronasalen System zuzuordnen (Brennan & Keverne, 2003). Im Folgenden werden diese drei Systeme genauer beschrieben.

2.2.1 Olfaktorisches System

Mit ca. 6-10 Millionen Rezeptorzellen ist das olfaktorische System in der Lage, tausende von chemosensorischen Molekülen sowie deren Verbindungen zu detektieren und zwischen diesen zu differenzieren. Das olfaktorische System ist dabei oftmals sensitiver als hoch technologische Gaschromatographen, welche zur Detektion chemosensorischer Reize eingesetzt werden (Doty, 1991a, b; Hudson & Distel, 2002; Firestein, 2001). Dabei sind die mit der Rezeption verbundenen Reaktionen maßgeblich durch individuelle Erfahrungen geprägt. Somit stellt das olfaktorische System ein äußerst leistungs- und anpassungsfähiges Wahrnehmungssystem dar (Herz & Engen, 1996; Hudson & Distel, 2002).

Im Folgenden werden die peripheren und zentralen Strukturen des olfaktorischen Systems genauer beschrieben, wobei jeweils versucht wird, den erwähnten Strukturen die wichtigsten Funktionen zuzuordnen.

2.2.1.1 Olfaktorisches Epithel

Die sensitive Struktur des olfaktorischen Systems, das olfaktorisches Epithel, erstreckt sich bei den meisten Säugetieren über den rostral-kaudalen Bereich der Nasenhöhle und zieht sich in die superioren und lateralen Anteile aller Turbinaten (Nasenmuscheln). Beim Menschen befindet sich das olfaktorische Epithel im dorsalen Bereich der Nasenhöhle, im Septum und im Bereich der superior gelegenen Turbinaten. Es besteht dabei hauptsächlich aus drei Zelltypen: den Rezeptorzellen, den Stützzellen und den Basalzellen (Greer, 1991).

Die olfaktorischen Rezeptorzellen sind bipolare Neurone, deren Zellkörper im tiefer gelegenen Bereich des Neuroepithels zu finden sind. Ihre Dendriten dringen durch das Neuroepithel an die Epitheloberfläche und enden dort in Zilien, der chemosensorischen Membran der Rezeptorzellen (Menco & Morrison, 2003). In diesem Sinne werden die Rezeptorneurone auch als „naked neurons“ bezeichnet: Nervenzellendigungen reichen aus dem Organismus heraus in die Atmosphäre der Nase hinein (Moran, Jafek & Rowley III, 1991). Die olfaktorische Signaltransduktion auf dem olfaktorischen Epithel beginnt, indem ein chemosensorischer Reiz an ein lipohiles Protein („Olfactory Binding Protein“; OBP) bindet und durch die Schleimschicht transportiert wird. Das gebundene Duftmolekül erreicht die Zilie und wird einem Membranrezeptor präsentiert. In Abhängigkeit der Passung zwischen Reiz und Rezeptor (Rezeptoren sind vorwiegend reizspezifisch) kommt es zu einer intrazellulären Aktivierung eines G-Proteins. Das G-Protein wiederum regt eine Adenylatzyklase an, wodurch es zur Membrandepolarisation und damit zur Umsetzung des chemischen Reizes in ein elektrisches Signal kommt (Moon & Ronnett, 2003).

Die Stützzellen, deren Zellkörper sich in den oberen Schichten des Neuroepithels befinden, besitzen keine Axone und tragen nicht unmittelbar zur chemosensorischen Signaltransduktion bei. Sie produzieren gemeinsam mit den Bowmanschen Drüsen den Schleim, der das olfaktorische Epithel bedeckt. Indem die Stützzellen die Dendriten der Rezeptorzellen umgeben, kann ihre Aufgabe in der Stabilisierung der Dendriten zwischen ihrem Zellkern und der Oberfläche des Neuroepithels verstanden werden (Greer, 1991; Menco & Morrison, 2003).

Die Basalzellen befinden sich in der unteren Schicht des Neuroepithels und dienen der postnatalen Neurogenese. Über Mitose bilden die Basalzellen neue Rezeptor- sowie Stützzellen aus. In Abhängigkeit von Spezies und Umweltbedingungen werden aufgrund ihrer relativ kurzen Lebensdauer Rezeptorezellen nach 30-120 Tagen erneuert (Greer, 1991; Mackay-Sim, 2003).

Die Axone der Rezeptorzellen verlassen gebündelt als Filia olfactoria das Neuroepithel durch die Siebbeinplatte und erreichen den Bulbus olfaktorius („main olfactory bulb“; MOB), wo die zentralnervöse Verarbeitung der Duftinformation beginnt (Greer, 1991).

2.2.1.2 Bulbus olfaktorius

Der MOB ist eine bilateral angelegte, mehrschichtige Struktur. Über die filia olfactoria erreicht die olfaktorische Information ipsilateral den MOB. Die Axone der Rezeptorneurone bilden dabei die erste Schicht („olfactory nerve layer“) und konvergieren monosynaptisch auf die in der zweiten Schicht eingelagerten Glomeruli („glomerular layer“). Beim Menschen konvergieren ca. 750 Axone auf einen Glumerulus (je nach Spezies beträgt das Verhältnis Axone/Glumerulus bis zu 25.000:1). Die Glomeruli sind von den Zellkörpern der periglumerolären Zellen umgeben und werden durch diese miteinander verbunden. Neben diesen Interneuronen treffen die Dendriten sowohl von Büschelzellen auf die Glomeruli, deren Zellkörper die dritte Schicht des MOB beschreiben („external plexiform layer“), als auch die Dendriten von Mitralzellen auf die Glomeruli, deren Zellkörper wiederum die vierte Schicht des MOB ausmachen („mitral cell layer“). Die fünfte Schicht („internal plexiform layer“) besteht neben den Axonen der Büschel- und Mitralzellen aus den Dendriten von Körnerzellen, deren Zellkörper wiederum die sechste und letzte Schicht des MOB („granule cell layer“) beschreiben. Körnerzellen stellen wie periglumeroläre Zellen inhibierende Interneurone dar (Greer, 1991; Kratskin & Belluzzi, 2003).

Dem MOB kommt aufgrund der starken Konvergenz der Axone der Rezeptorneurone auf die Glomeruli die Aufgabe der Signalverstärkung zu. Zudem wird über die inhibitorischen Interneurone eine laterale Hemmung der Glomeruli erreicht, wodurch der Kontrast zwischen einem spezifischen Geruchssignal und Hintergrundgerüchen erhöht wird (Kratskin & Belluzzi, 2003; Greer, 1991). Darüber hinaus wurde gezeigt, dass bereits der MOB an der olfaktorischen Gedächtnisbildung beteiligt ist: Geruchslernprozesse werden durch bulbäre Aktivität moderiert und beeinflussen seine Morphologie (siehe Wilson, Best & Sullivan, 2004). Dabei hat bulbäre Aktivität nicht nur Einfluss auf das Erlernen sozial relevanter chemosensorischer Reize (Dluzen, Muraoka, Engelmann, Ebner & Landgraf, 2000), sondern steht auch im Zusammenhang mit Sozialverhalten. So zeigten Yu und Mitarbeiter, dass eine Unterdrückung der bulbären Oxytozin-Aktivität bei weiblichen Ratten zu einer Verzögerung von Bindungsverhalten zu deren Jungtieren führte, während eine Steigerung der bulbären Oxytozin-Aktivität eine Erhöhung eines solchen Verhaltens bewirkte (Yu, Kaba, Okutani, Takahashi und Higuchi, 1996).

Über die Büschel- und Mitralzellen gelangt die olfaktorische Information über den lateralen olfaktorischen Trakt aus dem MOB, welcher über drei verschiedene Faserbündel den primären olfaktorischen Kortex erreicht (Cleland & Linster, 2003).

2.2.1.3 Primärer olfaktorischer Kortex

Der primäre olfaktorische Kortex ist ein Verbund bilateral angelegter, paleokortikaler Strukturen, welche direkte Verbindungen zum MOB aufrecht halten. Hierzu werden der anteriore olfaktorische Nukleus, das Tuberkulum olfaktorium, der piriforme Kortex, Bereiche des entorhinalen Kortex sowie Teile der Amygdala gezählt. Darüber hinaus gelten Bereiche des ventralen Tectums (anteriorer Bereich des Hippokampus) ebenfalls als Teile des primären olfaktorischen Kortex, jedoch lässt sich diese Struktur bei Primaten nicht mehr finden (Carmichael, Clugnet & Price, 1994). Der primäre olfaktorische Kortex, welcher zum größten Teil eine übereinstimmende, dreischichtige Zytoarchitektur aufweist, erhält Projektionen aus dem MOB über das mediale, das intermediale und das laterale olfaktorische Trigeon. Während das intermediäre Faserbündel zum Tuberkulum olfaktorium verläuft, erreichen bulbäre Projektionen über das mediale und laterale Bündel die weiteren Strukturen des primären olfaktorischen Kortex (Cleland & Linster, 2003).

Tuberkulum olfaktorium

Das Tuberkulum olfaktorium (TO) liegt dorsal zum Nucleus akkumbens und kaudal zur Substantia innominata und stellt beim Menschen im Gegensatz zum Nagetier eine nur sehr schwach ausgeprägte Region dar (Wiesmann, Yousry, Heuberger, Nolte, Ilmberger, Kobal, Yousry, Kettenmann & Naidich, 2001). Das TO erhält Afferenzen vom MOB, hält jedoch als einzige Struktur im primären olfaktorischen Kortex keine bilaterale Verbindung zum MOB aufrecht. Beim Nagetier erhält das TO weiterhin Afferenzen vom ERK, vom PFK und von der Amygdala (Carmichael, Clugnet & Price, 1994) sowie vom AON, jedoch lassen sich beim Menschen keine Verbindungen des TO zu weiteren Strukturen des primären olfaktorischen Kortex finden (Cleland & Linster, 2003). Das TO sendet Efferenzen zum dorsomedialen Thalamus und zum orbitofrontalem Kortex (Cleland & Linster, 2003). Mittels fMRT konnte eine Beteiligung des TO an der Geruchswahrnehmung nachgewiesen werden. Jedoch wurde die TO-Aktivierung hauptsächlich durch das aufmerksamkeitsgebundene, aktive Einatmen („Schnüffeln“) hervorgerufen, also unabhängig davon, ob ein Geruch präsentiert wurde oder nicht (Sobel, Prabhakaran, Zhao, Desmond, Glover, Sullivan & Gabrieli, 2000; Zelano, Bensafi, Porter, Mainland, Johnson, Bremner, Telles, Khan & Sobel, 2005).

Anteriorer olfaktorischer Nukleus

Der anteriore olfaktorische Nukleus (AON) erstreckt sich vom MOB entlang des Traktus olfaktorius bis zum olfaktorischen Trigeon. Er erhält zum MOB sowohl ipsilaterale als auch über die anteriore Kommissur kontralaterale Verbindungen aufrecht. Der AON erhält weiterhin Efferen-

zen aus dem piriformen Kortex, dem entorhinalen Kortex und aus der CA1-Region des Hippokampus und projiziert in den Piriformen Kortex, das TO, den orbitofrontalen Kortex und den Hypothalamus. Zwar ist die Funktion des AON weitestgehend unbekannt, es dient jedoch möglicherweise bei vielen Spezies dem Abgleich bilateraler olfaktorischer Informationen (Cleland & Linster, 2003). Bislang konnte jedoch seine Beteiligung an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize mit Hilfe bildgebender Verfahren beim Menschen noch nicht gezeigt werden.

Piriformer Kortex

Der Piriforme Kortex (PFK) ist sowohl beim Nagetier als auch beim Primaten die größte Struktur des primären olfaktorischen Kortex (Carmichael et al., 1994). Der PFK erstreckt sich entlang des lateralen olfaktorischen Trakts an der kaudallateralen Seite des OFK bis in den dorsomedialen Bereich des Temporallappens. Er umschließt dabei im beschriebenen Gebiet die Verbindung zwischen dem Frontal- und den Temporallappen (Price, 1990; Wiesmann et al., 2001). Der PFK ist über dichte Projektionen bilateral mit dem MOB verbunden. Bis auf unidirektionale, afferente Verbindungen zum TO, hält er mit allen weiteren Strukturen des primären und sekundären olfaktorischen Kortex bilaterale Verbindungen aufrecht. Zudem erhält der PFK Efferenzen aus dem Hirnstamm und dem basalen Vorderhirn (Cleland & Linster, 2003).

Dem PFK wird sowohl beim nicht assoziativen als auch beim assoziativen Lernen eine bedeutsame Rolle beigemessen. Mittels Einzelzelllableitungen im PFK der Ratte ließ sich nach prolongierter Geruchsdarbietung zeigen, dass PFK-Zellen eine geruchsspezifische Habituation aufwiesen (Wilson, 1998). Desgleichen ließen sich im PFK Sensitivierungsprozesse nachweisen: Während sich bei Ratten nach anfänglicher Geruchsexposition nur eine schwache geruchsassoziierte Oszillationen im Beta-Bereich zeigen ließ, so nahm diese PFK-Aktivität bei wiederholter Darbietung der Gerüche verstärkt zu (Vanderwolf & Zibrowski, 2001). Darüber hinaus konnte bei der Ratte gezeigt werden, dass diskriminatives Geruchslernen im PFK zu einer erhöhten neuronalen Erregbarkeit und zu einer erhöhten Transmitterausschüttung führt (Saar, 1998; 1999). Diesbezüglich stellen Lebel, Grossman und Barkai (2001) fest, dass durch diskriminatives Geruchslernen im PFK sowohl eine Langzeit-Potentierung als auch eine Langzeit-Depression induziert werden konnte. Auch scheinen unterschiedliche Lernprozesse eine spezifische Topographie aufzuweisen: Wie intrapiriforme Zellableitungen zeigten, scheint der frontale Bereich des PFK bei nicht assoziativen Gedächtnisaufgaben (wie der Habituation) involviert zu sein. Hingegen scheint der posteriore Bereich des PFK beim Aufbau und Abruf von Assoziationen, bei welchen Gerüche mit Sensationen anderer Modalitäten gepaart werden (Ton, Fuß-Schock), beteiligt (Sevelinges, Gervais, Messaoudi, Granjon & Mouly, 2004).

Die Ergebnisse von Studien zur funktionellen Bildgebung beim Menschen weisen darauf hin, dass die in den Tierstudien dargestellten Beteiligungen des PFK an der Bildung von Geruchsgedächtnisprozessen auf den Menschen übertragbar sind. So wurde gezeigt, dass Strukturen des primären olfaktorischen Kortex und hierbei insbesondere der PFK bei prolongierter Geruchsdarbietung schneller habituierten, verglichen mit Strukturen des sekundären olfaktorischen Kortex (Poellinger, Thomas, Lio, Lee, Makris, Rosen & Kwong, 2001; Sobel, Prabhakaran, Zhao, Desmond, Glover, Sullivan & Gabrieli, 2000). Des Weiteren konnte in einer PET-Studie gezeigt werden, dass PFK-Aktivierungen mit der Bildung geruchlicher Langzeitgedächtnisprozesse in Verbindung stehen: Während die Darbietung von neuen Gerüchen zu keinen PFK-Aktivierungen führte, so ließen sich bei der Wiedererkennung von kurz zuvor präsentieren Gerüchen schwächere PFK-Aktivierungen, hingegen bei der Darbietung von Gerüchen, welche über einen Zeitraum von vier Tagen erlernt wurden, deutliche PFK-Aktivierungen zeigen (Dade, Zatorre & Jones-Gotman, 2002). Neben diesen gedächtnisbezogenen Funktionen scheint der PFK auch an Aufmerksamkeits- und emotionalen Bewertungsprozessen beteiligt zu sein: So ließen sich PFK-Aktivierungen grundsätzlich bei der aktiven, aufmerksamkeitsgebundenen Einatmung („Schnüffeln“) nachweisen, hingegen führte eine passive Geruchsdarbietung zu keinem signifikanten PFK-Signal (Sobel, Prabhakaran, Desmond, Glover, Goods, Sullivan & Gabrieli, 1998). Aktuelle Studien weisen darauf hin, dass diese aufmerksamkeitsbezogene Aktivität dem frontalen Bereich des PFK zukommt, temporale Bereich hingegen auch bei aufmerksamkeitsungebundener Inhalation Aktivierungen aufweisen (Zelano et al., 2005; Gottfried, Deichmann, Winston & Dolan, 2002). Zudem konnten Gottfried und Mitarbeiter feststellen, dass die Darbietung emotional bedeutsamer Gerüche zu einer Aktivierung des frontalen PFK führten, die Darbietung eines neutralen Geruchs hingegen nicht (Gottfried et al., 2002).

Entorhinaler Kortex

Der Entorhinale Kortex (ERK) liegt im medialen Teil des Gyrus parahippocampalis im Temporallappen und erstreckt sich nach kaudal bis an den Rand des Okzipitallappens. Neben bilateralen Projektionen zum MOB, AON, PFK, TO und der Amygdala verlaufen die dichtesten Verbindungen zum Hippokampus (Cleland & Linster, 2003).

Zwar ist die funktionelle Bedeutsamkeit des ERK noch nicht genau geklärt, jedoch scheint er bei der Wahrnehmung biologisch bedeutsamer appetetiver Gerüche sowie an der geruchlichen Gedächtnisbildung beteiligt zu sein. So ließ sich bei nahrungsdeprivierten Ratten, welche Futtergeruch (als biologisch bedeutsamer olfaktorischer Reiz) dargeboten bekamen, verglichen mit Aktivitätsmustern des PFK vermehrte geruchsassoziierte Beta-Band-Aktivität im

ERK aufweisen (Chabaud, Ravel, Wilson, Mouly, Vigouroux, Farget & Gervais, 2000). In einer Studie zum assoziativen Lernen ließen sich verstärkte Feldpotentiale über dem ERK bei der Darbietung eines Hinweisreizes (unilaterale elektrische Stimulation des MOB´s) finden, welcher mit einer positiven Verstärkung (Zuckerlösung) assoziiert wurde. Ein mit negativ assoziierten Reizen (Chininlösung) assoziierter Hinweis (Stimulation des anderen MOB´s) führte zu keiner veränderten ERK-Aktivität (Mouly, Fort, Ben-Boutayab & Gervais, 2001). Auch scheint der ERK an der Löschung von erlernten Assoziationen beteiligt zu sein. So erkannten Ratten nach der Entfernung des ERK Geruchreize länger wieder (erfasst über die Dauer des Schnüffelns als Habituations-Indikator), verglichen mit Kontrolltieren (Wirth, Ferry & Di Scala, 1998). Zudem führt eine Läsion des ERK bei Ratten dazu, dass der Aufbau einer Geruch-Aversions-Konditionierung (Assoziation zwischen einem olfaktorischer Reiz mit einem aversiven Reiz) zeitlich stärker entkoppelt werden kann: Während Kontrolltiere für eine erfolgreiche Konditionierung sofort nach dem Geruch (CS) einen Nahrungsmittelvergiftung (UCS) erhalten mussten, so konnte bei lädierten Tieren eine Konditionierung auch nach einer Verzögerung von zwei Stunden erfolgen (Ferry, Oberling, Jarrard & Di Scala, 1996 aus Cleland und Linster). Aufgrund der schnellen Habituation des ERK an chemosensorische Reize (Poellinger et al., 2001) lassen sich ERK-Aktivierungen eher in fMRT-Studien (z.B. Poellinger et al., 2001; Savic, 2002; Zelano & Sobel, 2005) als in PET-Studien nachweisen (Pause, 2004a).

Amygdala

Die Amygdala ist ein Kernverbund, je nach Spezies bestehend aus bis zu 13 Kernen, welche in der medialen Wand des Temporallappens eingelagert ist (Pitkänen, 2004). Sie umfasst kappenförmig das rostale Ende des Unterhorns des Seitenventrikels und liegt unmittelbar vor dem Hippokampus (Zilles & Rehkämper, 1998). Zu den Kernen, welche sowohl bei der Ratte als auch beim Primaten direkte bulbäre Projektionen erhalten, gehören der periamygdaloide Kortex sowie der anteriore kortikale Nukleus der Amygdala. Als direkte Projektionsgebiete dieser Kerne werden der PFK, der ERK (als Strukturen des primären olfaktorischen Kortex), der OFK, der mediale Thalamus und der Hypothalamus (als Strukturen des sekundären olfaktorischen Kortex) genannt (Cleland & Linster, 2003; Carmichael et al., 1994). Darüber hinaus projiziert der periamygdaloide Kortex hauptsächlich in den lateralen Kern der Amygdala, der anteriore kortikale Nukleus hingegen hält seine stärksten Efferenzen zum zentralen Kern der Amygdala aufrecht (Pitkänen, 2004).

In zahlreichen Tierstudien wurde auf die Bedeutsamkeit der Amygdala beim Aufbau und Abruf von Furchtkonditionierungen eindrucksvoll hingewiesen (zur Übersicht siehe Aggleton &

Saunders, 2004; Otto et al., 2000). Während in diesem Abschnitt nur auf die Befunde zu olfaktorisch vermittelten Gedächtnisleistungen eingegangen wird, so wird in den Abschnitten 2.3.1.1 und 2.3.1.2 auf die modalitätsübergreifende Beteiligung der Amygdala an der Initiierung (un-) konditionierter defensiver Reaktionstendenzen angesprochen.

C-fos Studien zeigten, dass olfaktorische Stimulationen zu einer vermehrten Aktivierung des periamygdaloiden Kortex und des anterioren olfaktorischen Nukleus führten (Otto, Cousens & Herzog, 2000; Sevelinges et al., 2004). Intraamygdaloide Zellableitungen wiesen darauf hin, dass der Aufbau einer geruchsassoziierten Furchtkonditionierung (CS = Geruch, UCS = Fußschock)[6] vermehrte Aktivierungen im PFK, vor allem jedoch Aktivierungen im anterioren kortikalen Nukleus der Amygdala hervorriefen (Sevelinges et al., 2004). Läsionsstudien zeigten, dass für den Aufbau einer olfaktorischen Furchtkonditionierung (CS = Geruch, UCS = Fußschock) jedoch weniger die monosynaptischen bulbären Verbindungen zur Amygdala, als vielmehr die polysynaptische Projektionen des MOB über den PFK und den ERK zum basolateralen Kerngebiet der Amygdala für eine Etablierung dieser Form der Konditionierung ausschlaggebend sind (zur Übersicht siehe Otto et al., 2000). Die Bedeutung der exklusiven Verbindungen vom MOB zur Amygdala für die olfaktorische Wahrnehmung ist noch nicht eindeutig geklärt (Otto, Cousens & Herzog, 2000), jedoch werden sie mit einer tonischen Hemmung der Amygdala zur Unterdrückung defensiver Verhaltensmuster in Verbindung gebracht (Kelly, Wrynn & Leonard, 1997; Wrynn, Donohoe & Leonard, 1999).

Auch im Humanexperiment konnte die Beteiligung der Amygdala an der Geruchswahrnehmung gezeigt werden. So ließ sich bei Epilepsie-Patienten mittels intrazerebral angebrachter EEG-Elektroden feststellen, dass nach der Darbietung von Gerüchen chemosensorisch evozierte Potentiale in der Amygdala hervorgerufen wurden. Zudem wurde bei den Epilepsie-Patienten beobachtet, dass eine wiederholte Reizdarbietung zu einer geruchsspezifischen kürzeren Latenz der ersten Signal-Komponente führte (Hudry, Ryvlin, Royet & Mauguière, 2001). In einer aktuelleren Studie an Epilepsie-Patienten wurde darüber hinaus gezeigt, dass die Darbietung von kurzfristig erlernten Gerüchen auch eine Reduzierung der Signal-Amplitude intrazerebral erfass-

[6] Pavlov (1927) beschrieb, dass ein zunächst bedeutungsloser Reiz mit einem biologisch bedeutsamen aversiven Reiz (UCS: unkonditionierter Stimulus), auf den eine reflexartige Furchtreaktion ausgelöst wird (UCR: unkonditionierte Reaktion), assoziativ verknüpft werden kann. Der vorerst neutrale Reiz übernimmt nach mehrfacher gemeinsamer Darbietung beider Reize die Funktion eines Hinweises für den nachfolgenden aversiven Reiz (CS: konditionierter Stimulus). Nach einer hinreichenden Anzahl von Kopplungen beider Reize reicht im Weiteren eine alleinige Darbietung des vorerst neutralen Reizes, um ebenfalls eine vergleichbar komplexe Furchtreaktion auszulösen (CR: konditionierte Reaktion).

ter Amygdala-Aktivität nach sich zog (Hudry, Perrin, Ryvlin, Mauguière & Royet, 2003). In einer anderen Studie an Patienten mit Temporallappenläsionen wurde auf die Bedeutsamkeit der Amygdala beim Erlernen olfaktorischer Informationen hingewiesen. So war es Patienten mit bilateraler Temporallappenläsion nicht möglich, Gerüche wieder zu erkennen, welche sie eine Stunde zuvor dargeboten bekamen. Hingegen zeigten die Patienten keine Beeinträchtigungen bei der Wiedererkennung von akustischen Reizen (Buchanan, Tranel & Adolphs, 2003). Diese Befunde sprechen dafür, dass Aufmerksamkeitsprozesse bereits auf einer frühen Verarbeitungsebene die Wahrnehmung chemosenesorsicher Reize beeinflussen können.

Darüber hinaus weisen bildgebende Verfahren immer wieder auf eine Beteiligung der Amygdala bei der Wahrnehmung von emotional bedeutsamen olfaktorischen Reizen beim Menschen hin (Royet, Zald, Versace, Costes, Lavenne, Koenig & Gervais, 2000; Zald, 2003; Zald & Pardo, 1997). Zwar werden Amygdala-Aktivierungen sowohl bei der Wahrnehmung angenehmer Gerüche berichtet (Anderson, Christoff, Stappen, Panitz, Ghahremani, Glover, Gabrieli & Sobel, 2003; Gottfried, O´Doherty & Dolan, 2002; Poellinger et al. 2001; Sobel et al. 1999), jedoch scheinen die stärksten Amygdala-Aktivierungen vorwiegend durch unangenehme Gerüche hervorgerufen zu werden (Zald, 2003). Zudem scheinen aversive Gerüche eher linksseitige Amygdala-Aktivität hervorzurufen (Royet & Plailly, 2004; Zald, 2003; Zald & Pardo, 1997). Gegen eine reine valenzspezifische Verarbeitung der Amygdala sprechen die Befunde von Anderson und Mitarbeitern (2003). Sie zeigten, dass bilaterale Amygdala-Aktivität mit der wahrgenommenen Intensität eines olfaktorischen Reizes, jedoch nicht mit der Valenz des Reizes korreliert. In dieser Studie wurde eine Konfundierung zwischen der wahrgenommenen Intensität und der Valenz der olfaktorischen Reize kontrolliert, indem Valenz und Intensität jeweils als unabhängige Variable in das Versuchsdesign aufgenommen wurden. Eine aktuellere fMRT-Studie verweist jedoch darauf, dass zwar intensivere emotional bedeutsame chemosensorische Reize zu stärkeren Amygdala-Aktivierungen führen, jedoch die Darbietung von schwachen und intensiven neutralen Reizen keine differenzielle Amygdala-Aktivierung zur Folge hat (Wilson, Gottfried, Kilner & Dolan, 2005). Die Autoren schlossen daraus, dass die Amygdala weder alleinig die Intensität noch alleinig die Valenz eines olfaktorischen Reizes kodiert. Vielmehr reflektiert die Amygdala-Aktivität eine Kombination aus Intensität und Valenz und spiegelt somit den generellen emotionalen Wert eines Reizes wider.

2.2.1.4 Sekundärer olfaktorischer Kortex

Strukturen, welche nicht direkt durch den MOB innerviert werden, jedoch Projektionen aus den primären olfaktorischen Kortexarealen erhalten und an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize

beteiligt sind, werden als sekundärer olfaktorischer Kortex zusammengefasst. Hierzu gehören der Hypothalamus, der orbitofrontale Kortex, die Insel, der Thalamus und der Hippokampus (Sobel, Johnson, Mainland & Yousem 2003). Darüber hinaus werden das Cerebellum, der anteriore cinguläre Kortex, der Okzipitallappen sowie Teile der Basalganglien mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht (z.B. bei O´Doherty, Rolls, Francis, Bowtell, McGlone, Kobal, Renner & Ahne, 2000; Qureshy, Kawashima, Imran, Sugiura, Goto, Okada, Inoue, Itoh, Schormann, Zilles & Fukuda, 2000; Savic, Gulyas, Larsson & Roland, 2000; Royet, Koenig, Gregoire, Cinotti, Lavenne, Le Bars, Costes, Vigouroux, Farget, Sicard, Holley, Mauguière, Comar & Froment, 1999.). Jedoch soll sich die Darstellung an dieser Stelle auf die genannten Strukturen des sekundären olfaktorischen Kortex beschränken.

Während Strukturen des primären olfaktorischen Kortex mit basalen Enkodier- und Lernprozessen in Verbindung gebracht werden, so werden Strukturen des sekundären olfaktorischen Kortex mit höheren kognitiven Aufgaben assoziiert. In diesem Sinne beschreibt die Einteilung in primäre und sekundäre olfaktorische Kortizes eine hierarchische Anordnung, welche sich innerhalb des sekundären olfaktorischen Kortex fortsetzt (Savic, 2001; 2002; Savic et al., 2000). Im Folgenden werden die grundlegenden Strukturen des sekundären olfaktorischen Kortex sowie deren wichtigsten Funktionen bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize genauer beschrieben.

Orbitofrontaler Kortex

Der orbitofrontale Kortex (OFK) liegt im ventralen Bereich des Frontallappens und wird beim Menschen aufgrund seiner Größe, Konnektivität und Zytoarchitektur in vier verschiedenen Bereiche eingeteilt: in die mediale, die laterale, die transversale und die olfaktorische Windung (Sulcus). Der Sulcus olfaktorius wird lateral durch den medialen OFK und medial durch den Gyrus rectus abgegrenzt (Kringelbach & Rolls, 2004; Tzourio-Mazoyer, Landenau, Papathanassiou, Crivello, Etard, Delcroix, Mazoyer & Joliot, 2002). Projektionen aus dem primären olfaktorischen Kortex gelangen monosynaptisch aus den PFK in den lateralen posterioren OFK (LPOFK) sowie polysynaptisch aus der Amygdala via Substantia innominata in den zentralen posterioren OFK (ZPOFK). Somit stellt der OFK die einzige neokortikale Struktur dar, welche sensorischen Input auch ohne ein für alle anderen Wahrnehmungssysteme obligatorisches thalamisches Gating erhält. Weitere olfaktorische Projektionen erreichen den ZPOFK über den mediodorsalen Thalamus, den LPOFK sowohl aus dem mediodorsalen Thalamus als auch aus dem Hypothalamus (Carmichael, Clugnet & Prise, 1994). Über ein dichtes Netzwerk intraorbitofron-

taler Projektionen sind die verschiedenen Strukturen des OFK intrinsisch eng miteinander verbunden (Kringelbach & Rolls, 2004).

Mit Hilfe von Paradigmen zum operanten Geruchsdiskriminationslernen wiesen Schoenbaum und Mitarbeiter daraufhin, dass der OFK ein wichtiges Modul in einem System zur Verhaltensanpassung an Gerüche darstellt. So konnten sie mittels Einzelzellableitungen bei der Ratte zeigen, dass in einer frühen Lernphase Zellen im basolateralen Komplex der Amygdala valenzspezifisch auf motivational bedeutsame olfaktorische Reize reagierten, hingegen Zellen im OFK zu diesem Zeitpunkt noch unspezifisch auf die Gerüche ansprachen (Schoenbaum, Chiba & Gallagher, 1998). Im Zuge einer Habituation an die bedeutsamen Reize bzw. nach einer Gegenkonditionierung reduzierten sich Zellantworten in der Amygdala jedoch wesentlich stärker, verglichen mit den Antworten der Zellen im OFK. Dabei entsprach die Reduktion der Zellantwort im OFK der Reduktion des Verhaltens auf den bedeutsamen Reiz (Schoenbaum, Chiba & Gallagher, 1999). Die Autoren schlossen daraus, dass OFK-Aktivität mit der Umsetzung einer motivational bedeutsamen Information in ein adaptives Verhaltensprogramm assoziiert werden kann und somit den antizipierten Belohnungswert einer geplanten Handlung reflektiert (Schoenbaum & Roesch, 2005).

Die prominente Rolle des OFK bei der Verhaltenssteuerung infolge der Wahrnehmung olfaktorischer Reize konnte auch beim Primaten gezeigt werden. Mittels Einzelzellableitungen am Rhesusaffen wurde festgestellt, dass Neurone im OFK selektiv auf olfaktorische Reize reagierten (Rolls, Critchley & Treves, 1996), wobei ca. 65% der gemessenen OFK-Zellen durch die Valenz des Geruchs moduliert wurde. Die Aktivität der restlichen Zellen hingegen wurde durch die mit den Gerüchen zuvor assoziierten Konsequenzen (angenehme/unangenehme Nahrung) bestimmt (Critchley & Rolls, 1996a). Dabei kann dem OFK eine modalitätsübergreifende Rolle bei Enkodierung von Belohnung und Valenz zugesprochen werden (Zelano & Sobel, 2005; Rolls, 2000). So wurden beispielsweise Rhesusaffen olfaktorische und visuelle Reize von Nahrungsmitteln vor und nach der Futteraufnahme dargeboten. Mittels Einzelzellableitungen im OFK wurde festgestellt, dass vor der Futteraufnahme eine stärkere Aktivität olfaktorischer Neurone zu beobachten ist, verglichen mit der Zellaktivität nach einer Sättigung durch das gerochene Nahrungsmittel. Dieselben selektiven Aktivierungsmuster ließen sich für Neurone zeigen, welche auf visuelle Reize ansprachen: Neurone, welche im hungrigen Zustand auf die visuelle Darstellung von Nahrung reagierten, zeigten nach der Sättigung weniger Aktivierungen auf (Critchley & Rolls, 1996b).

Beim Menschen kann eine Beteilung des OFK mit Hilfe bildgebender Verfahren und Läsionsstudien an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize robust nachgewiesen werden, wobei

OFK-Aktivität grundsätzlich mit selektiver Aufmerksamkeit auf die Gerüche einherzugehen scheint: Bei gleichzeitiger Präsentation von akustischen und olfaktorischen Reizen zeigte sich dann im OFK verstärkte Aktivität, wenn der Aufmerksamkeitsfokus auf dem olfaktorischen, nicht aber auf dem akustischen Reiz lag (Pause, 2004a). OFK-Aktivierungen lassen sich dabei sowohl bei der einfachen Wahrnehmung olfaktorischer Reize finden (einfache Detektionsaufgabe), als auch bei kognitiv anspruchsvolleren Aufgaben wie dem Memorieren von Gerüchen und der Bewertung der Geruchsqualität (Savic, 2001; 2002; Savic et al., 2000). Dabei zeigen Studien an Patienten mit OFK-Schädigungen, dass höhere kognitive Aufgaben (Bewertung von Geruchsqualität, Memorieren von Gerüchen) durch rechtshemisphärische Läsionen beeinträchtigt sind und damit unilateral lokalisiert sind (Zatorre & Jones-Gotman, 1991; Jones-Gotman & Zatorre, 1993). Einfachere Aufgaben (Detektion, Intensitätsrating) hingegen sind von unilateralen Läsionen unbeeinflusst und somit bilateral angelegt (Jones-Gotman & Zatorre, 1988). Die Kodierung der Valenz olfaktorischer Reize scheint im OFK sowohl hemisphärenspezifisch getrennt, als auch in strukturell unterschiedlichen Gebieten den OFK lokalisiert zu sein: So wurde gezeigt, dass bedeutsam unangenehme olfaktorische wie gustatorische Reize stärkere linksseitige als rechtsseitige OFK-Aktivierungen hervorrufen (Zald & Pardo, 1997; Zald, Lee, Fluegel & Pardo, 1998). Darüber hinaus wurde festegestellt, dass angenehme Gerüche rechtsseitig im medialen OFK vermehrte Aktivierungen hervorrufen, unangenehme Gerüche hingegen linksseitig im lateralen OFK (Anderson et al., 2003; de Araujo, Rolls, Velazco, Margot & Cayeux, 2005; Rolls, Kringelbach & de Araujo, 2003). Auch beim Menschen ließen sich die im Primatenversuch herausgearbeiteten Befunde zur Verarbeitung motivational bedeutsamer Gerüche darstellen: OFK-Aktivierungen, welche durch olfaktorische Reize (Geruch von Bannen, Vanillin) hervorgerufen wurden, zeigten vor dem Konsum von Bananen vergleichbare Aktivierungsmuster im OFK. Nachdem sich die Vpn jedoch an Bananen satt gegessen hatten, ließ sich im OFK für den Bananengeruch eine deutlich reduzierte BOLD-Antwort finden. Jedoch bewirkte Vanillingeruch nach wie vor eine verstärkte OFK-Aktivität (O´Doherty et al., 2000). In einer PET-Studie zur Nahrungspräferenz wurde gezeigt, dass der Genuss von Schokolade, wenn diese als angenehm bewertet wurde, verstärkt Aktivierungen im medialen OFK hervorrief. Jedoch zeigte sich bei stetigem Konsum von Schokolade, dass diese zunehmend als unangenehmer bewertet wurde, wobei mit zunehmender Aversion gegen die Schokolade die Aktivität im medialen OFK abnahm, im lateralen OFK hingegen zunahm (Small, Zatorre, Dagher, Evans & Jones-Gotman, 2001).

Thalamus

Der Thalamus als prominente Struktur des Dienzephalons erhält olfaktorische Projektionen aus dem PFK, dem periamygdaloiden Kortex, dem ERK und dem TO. Während der größte Teil dieser Projektionen den dorsomedialen Kern des Thalamus erreicht, gelangt ein kleinerer Teil in den submedialen Kern des Thalamus (Sobel, Johnson, Mailand & Yousem, 2003). Vom Thalamus aus erreicht die olfaktorische Information den OFK und die Insel (Carmichael et al., 1994). Läsionsstudien an Ratten zeigten, dass eine thalamische Beteilung nicht zum Aufbau und Erhalt einer olfaktorischen Furchtkonditionierung (CS: Geruch; UCS: Fußschock) beiträgt (Otto et al., 2000). Ein thalamisches Gating, wie es sonst bei der Wahrnehmung sensorischer Information obligatorisch ist, ist – wie bereits oben erwähnt – bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize nicht erforderlich (Carmichael et al., 1994). In weiteren Läsionsstudien an Ratten wurde beobachtet, dass eine Zerstörung des dorsomedialen Kerns des Thalamus zwar das Erlernen einer Geruchsdiskrimination nicht beeinträchtigte. Wurde jedoch eine Umkehr der Lernleistungen erfordert, so zeigten Ratten mit thalamischer Läsion eine höhere Fehlerrate verglichen mit Kontrolltieren (McBride & Slotnik, 1997).

Thalamische Aktivität konnten Savic und Mitarbeiter (Savic, 2001; 2002; Savic et al., 2000) mittels PET rechtsseitig sowohl bei einfacher Wahrnehmung von Gerüchen als auch Geruchslernaufgaben zeigen. In fMRT-Studien wurde thalamische Aktivität im dorsalen Bereich bei Geruchsdetektionsaufgaben (Sobel et al., 2000) bzw. bei der einfachen Wahrnehmung von Gerüchen im dorsomedialen Nukleus des Thalamus (Poellinger et al., 2001) beobachtet. Aus diesen Befunden kann geschlossen werden, dass der Thalamus bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize zwar beteiligt ist, seine Funktion jedoch eher in der Involvierung neokortikaler Strukturen bei höheren kognitiven Aufgaben besteht.

Hypothalamus

Der Hypothalamus liegt ventral des Thalamus und erstreckt sich als mediale Struktur im Dienzephalon entlang der Wände und des Bodens des dritten Ventrikels (Joseph, 1990). Ihn erreichen umfangreiche olfaktorische Projektionen aus dem PFK, dem AON, dem TO und der Amygdala (Sobel et al., 2003; Cleland & Linster, 2003). Mittels Einzelzellableitungen wurde beim Rhesusaffen gezeigt, dass Neurone im lateralen Hypothalamus hoch selektiv auf Gerüche reagieren: Mehr als 54% der beobachteten Neurone sprachen nur auf jeweils einen einzigen Geruch an. Zudem reagierte kein Neuron des lateralen Hypothalamus auf mehr als fünf Gerüche (Tazawa, Onoda & Takagi, 1987).

Hypothalamische Aktivität konnte im fMRT bei der Darbietung von unangenehmen (Gottfried, Deichmann, Winston & Dolan, 2002) und angenehmen (Wang, Eslinger, Smith & Yang, 2005) Gerüchen gezeigt werden. In einer PET-Studie konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass bei der Wahrnehmung von Gerüchen hypothalamische Aktivität dann zu beobachten war, wenn gleichzeitig diese hinsichtlich ihrer Valenz bewertet werden (nicht jedoch bei gleichzeitiger Bewertung der Intensität; Zatorre, Jones-Gotman & Rouby, 2000). Somit scheint der Hypothalamus eine Struktur des sekundären olfaktorischen Kortex zu sein, welche primär an der Enkodierung der hedonischen Eigenschaften olfaktorischer Reize beteiligt ist.

Insel

Die Insel ist durch die operkularen Anteile des Frontal-, Parietal- und Temporallappens eingeschlossen und wird nach lateral vom Sulcus lateralis verdeckt (Dupont, Bouilleret, Hasboun, Semah & Baulac, 2003). Sie erhält olfaktorische Projektionen aus dem PFK, der Amygdala und dem Thalamus (Cleland & Linster, 2003).

Eine Beteiligung der Insel an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize konnte wiederholt mit Hilfe bildgebender Verfahren dargestellt werden. Die Ergebnisse von PET-Studien verweisen darauf, dass vermehrte Insel-Aktivität vor allem bei der aktiven Wahrnehmung von Gerüchen (Bewertung von Qualität und Intensität) zu beobachten ist und zu eher linkshemisphärischen Aktivierungen führt (Qureshy, Kawashima, Imran, Sugiura, Goto, Okada, Inoue, Itoh, Schormann, Zilles & Fukuda, 2000; Savic et al., 2000; Zatorre et al., 1992). Mittels fMRT wurden bilaterale Insel-Aktivierungen bei passiver und aktiver Wahrnehmung angenehmer Gerüche gezeigt (Smejkal, Druga & Tintera, 2003; Poellinger et al., 2001; Sobel et al., 2000), wobei Fulbright und Mitarbeiter darauf hinwiesen, dass eine linksseitige Insel-Aktivität mit der hedonischen Bewertung olfaktorischer Reize positiv korrelierte (Fulbright, Skudlarski, Lacadie, Warrenburg, Bowers, Gore & Wexler, 1998). Diese Befunde lassen darauf schließen, dass die Insel bereits an der einfachen Geruchswahrnehmung beteiligt ist, höhere kognitive Funktionen wie beispielsweise die Bewertung von Geruchsqualität oder –intensität eher linkshemisphärisch lokalisiert sind.

Hippokampus

Der Hippokampus, als lang gezogene Struktur in der inneren Wand des Temporallappens, beginnt posterior der Amygdala und zieht nach kaudal um den lateralen Ventrikel bis in die Fornix. Projektionen aus dem primären olfaktorischen Kortex erreichen den Hippokampus über den PFK

und über den ERK. Über den ERK erreichen dichte Projektionen aus der Amygdala den Hippokampus (Joseph, 1990; Heale & Vanderwolf, 1994; Vanderwolf, 2001).

In umfangreichen Studien an Nagetieren, Affen und Menschen hat sich übereinstimmend gezeigt, dass dem Hippokampus modalitätsunabhängig eine entscheidende Rolle bei der Bildung von deklarativen Gedächtnisinhalten sowie der assoziativen Verknüpfung von modalitätsunspezifischen Reizen mit räumlichen Informationen zukommt (Eichenbaum, 2000; Sqiure, 1992; Tulving & Schachter, 1990).

Vanderwolf (2001) vermutet jedoch, dass der Hippokampus nicht primär der Gedächtnisbildung dient, sondern im Grunde eine olfaktorische Region darstellt. Er zeigte bei Ratten, dass die Darbietung olfaktorischer Reize zu einer Erhöhung der spontanen Feldpotentiale im Gyrus dentatus im Gamma-Bereich führte (30-80 Hz). Aufgrund der Tatsache, dass die Wahrnehmung von visuellen, akustischen oder gustatorischen Reizen keinen Effekt auf die Spontanaktivität im Gyrus dentatus zeigt, geht Vanderwolf von einer spezifisch olfaktorischen Funktion des Gyrus dentatus aus. Weiter konnte er zeigen, dass im Gyrus dentatus plötzliche Amplitudenerhöhungen (Bursts) im Beta-Bereich (20-30 Hz) durch chemosensorische Reize hervorgerufen werden, welche z.B. dem Geruch natürlicher Feinde der Ratte (Wiesel) entsprechen. Dieser Effekt ist nicht durch die Intensität der Reize, sonder durch die biologische Bedeutsamkeit der Reize zu erklären. Zwar sind die zugrunde liegenden neuronalen Pfade noch nicht geklärt, jedoch vermutet Vanderwolf (2001), dass biologisch bedeutsame chemosensorische Reize vom MOB über den PFK in den Gyrus dentatus gelangen. Reize, welche hingegen Gammaband-Aktivitäten bewirken, gelangen vom MOB über den ERK in den Gyrus dentatus. Bei Zellableitungen von Pyramidenzellen im Gyrus dentatus von Ratten konnte eine Korrelation zwischen Zellaktivität und solcher Verhaltensweisen nachgewiesen werden, die mit den Fortbewegen in einem Raum assoziiert sind (Gehen, Laufen, Springen, Graben, Schwimmen). Während eine elektrische Stimulation dieser Pyramidenzellen zu einer Paralysierung dieser Verhaltensweisen führt, bewirkt hingegen eine chemisch induzierte Stimulation zu einer anfallsartigen Initiierung dieser Verhaltensweisen. Vanderwolf (2001) schlägt vor, dass Verhaltensprogramme, welche das Bewegen im Raum hervorrufen, gar nicht ursächlich den motorischen Kortizes, sondern dem Hippokampus zuzuschreiben sind. Über die motorischen Kortizes werden diese groben Bewegungen jedoch differenziert und koordiniert. Somit nimmt Vanderwolf (2001) an, dass der Hippokampus eine Struktur darstellt, welche einen biologisch bedeutsamen chemosensorischen Reiz in ein Verhaltensprogramm umsetzt („olfacto-moto mechanism“).

Beim Menschen konnten mit Hilfe bildgebender Verfahren eine Beteiligung des Hippokampus an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize gezeigt werden. So ließ sich mittels fMRT

Hippokampus-Aktivität bei passiver (Poellinger et al., 2001) und aktiver (Sobel et al., 2000) Wahrnehmung nachweisen. Herz, Eliassen, Beland und Souza (2004) konnten darüber hinaus zeigen, dass Gerüche, welche eine Bedeutsamkeit erworben haben, zu stärkeren Aktivierungen im anterioren Hippokampus führten, verglichen mit Gerüchen ohne persönlichen Bezug. In PET-Studien wurden hippokampale Aktivierungen dann berichtet, wenn Gerüche hinsichtlich ihrer Qualität eingeschätzt werden sollten, nicht jedoch bei passiver Wahrnehmung, bei der Bewertung der Geruchsintensität oder bei der Wiedererkennung von Gerüchen (Savic et al., 2001).

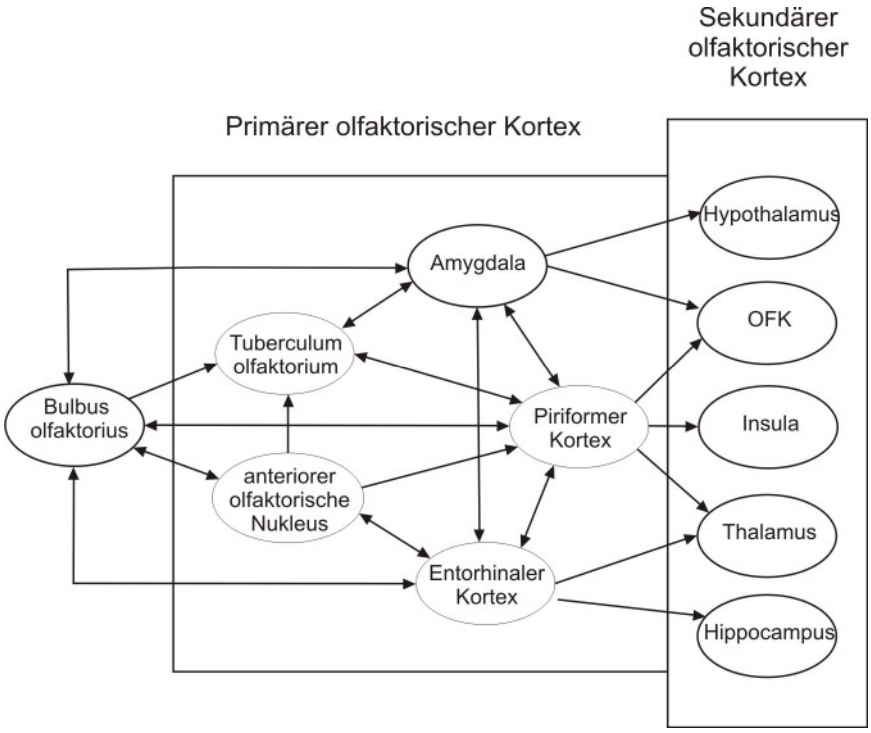


Abbildung 2-6 Strukturen und Konnektivitäten des primären und sekundären olfaktorischen Kortex nach Pause (2004a)

In der Abbildung 2-6 sind die Strukturen des primären und sekundären olfaktorischen Kortex sowie deren Verbindungen untereinander zusammenfassend graphisch dargestellt.

2.2.1.5 Lateralisierung und der Einfluss des Geschlechts auf die Wahrnehmung olfaktorischer Reize

Während Einigkeit darüber besteht, dass Frauen im Vergleich zu Männern für eine Vielzahl von Gerüchen geringere Wahrnehmungsschwellen aufweisen, Gerüche als intensiver beschreiben und auch deutlicher zwischen Gerüchen differenzieren (siehe Hermans & Baeyens, 2002), ist nicht eindeutig geklärt, ob Frauen und Männer bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize auch unterschiedliche Hirnareale rekrutieren. So berichteten Levy und Mitarbeiter (1997; Levy, Hen-

kin, Lin, Hutter & Schellinger, 1999) mittels fMRT, dass Männer gegenüber Frauen bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize grundsätzlich vermehrte Aktivität aufweisen. Hingegen beschrieben Yousem und Mitarbeiter mittels fMRT einen gegenteiligen Effekt (Yousem, Maldjian, Siddiqi, Hummel, Alsop, Geckle, Bilker & Doty, 1999). Savic und Mitarbeiter wiederum fanden in einer PET-Studie keine differenziellen Aktivierungen zwischen Männern und Frauen bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize (Bengtsson, Berglund, Gulyas, Cohen & Savic, 2001). Eine aktuellere fMRT-Studie verweist jedoch darauf, dass möglicherweise der linke laterale OFK geschlechtsspezifisch bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize eingebunden ist: So ließen sich bei Frauen während der Wahrnehmung olfaktorischer Reize im linken lateralen OFK stärkere Aktivierungen als bei Männern beobachten (Royet, Plailly, Delon-Martin, Kareken & Segebarth, 2003). Die Autoren diskutieren jedoch, ob dieser Befund tatsächlich rein sensorischen Ursprungs ist. Da die linke Hemisphäre mit verbalen Fähigkeiten assoziiert ist, könnten diese Befunde auch die den Männern überlegene Fähigkeit widerspiegeln, Gerüche besser verbal beschreiben zu können.

Bereits in der Pionierstudie zur Beschreibung olfaktorischer Wahrnehmungsprozesse mittels PET beschrieben Zatorre und Mitarbeiter (1992), dass bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize die rechte Hirnhälfte stärker involviert ist als die linke – ein Befund, welcher in vielen nachfolgenden Studien bestätigt wurde (siehe Royet & Plailly, 2004). Wie jedoch systematische Untersuchungen zeigen, wird die Lateralisierung maßgeblich durch die Aufgabe bestimmt, welche mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize verbunden ist: Vorwiegend rechtsseitige Aktivität wird bei rein sensorischen Prozessen (passive Wahrnehmung von Gerüchen) in Amygdala und PFK sowie im OFK und Thalamus beschrieben. Auch führen Geruchsgedächtnisprozesse zu vermehrten rechtsseitigen Aktivierungen (insbesondere im PFK und OFK). Hingegen führt die emotionale Bewertung olfaktorischer Reize eher zu Aktivierungen der linken Hemisphäre (insbesondere im OFK, PFK, Amygdala, der Temporallappen und der superiore frontale Kortex; Royet & Plailly, 2004). Während die Befundlage eher gegen eine valenzspezifische Lateralisierung olfaktorischer Wahrnehmungsprozesse für das Gesamthirnvolumen spricht (Pause, 2004a), so scheint jedoch der linke laterale OFK an der Wahrnehmung unangenehmer, der rechte mediale OFK hingegen an der Wahrnehmung angenehmer olfaktorischer Reize beteiligt zu sein (Anderson et al., 2003; Hamann, 2003).

2.2.2 Trigeminales System

Die sensitiven Strukturen des trigeminalen Systems liegen in den freien Nervenendigungen des Trigeminalen Nervs (V. Hirnnerv), welche sich beim Menschen in den Nasenschleimhäuten, in den Nasennebenhöhlen, in der Mundhöhle, in den Augenlidern und der Kornea finden (Doty & Cometto-Muñiz, 2003; siehe hierzu auch Abbildung 2-7). Diese Endigungen konvergieren auf drei Nervenäste (Nervus ophthalamicus, Nervus maxillaris und Nervus mandibularis), bevor sie als Ganglion trigeminale durch die Dura stoßen und zur Pons ziehen (Zilles & Rehkämper, 1998). In der Pons teilen sich die Fasern auf und erreichen über aszendierende Äste den Nucleus sensorius superior und über dezendierende Äste den Nucleus traktus spinalis. Über letzteren ziehen Afferenzen via Nukleus traktus mesencephali in kontralaterale Gebiete des Thalamus und in die somatosensorischen Areale S I (auf dem Gyrus postcentralis) und S II (an der Oberwand des Sulcus lateralis) in den Kortex (Schmidt, 1980).

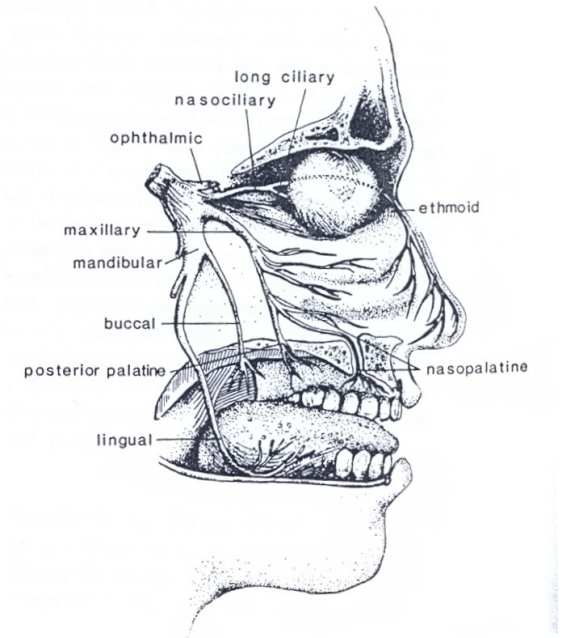


Abbildung 2-7 Trigeminales System aus Doty & Cometto- Muñiz, 2003

Die Beteiligung des trigeminalen Systems an der Chemorezeption liegt in der Vermittlung von Sensationen wie „stechend“, „beißend“, „brennend“, „schmerzend“, „kühlend“ usw. (Burdach, 1988). Chemosensorische Reizempfindungen sind in den meisten Fällen eine zentralnervöse Interaktion aus olfaktorischer und trigeminaler Rezeption (Cain & Murphy, 1980). Dabei flacht mit steigender Reizintensität die zunehmende subjektive olfaktorische Empfindungsintensität immer weiter ab, während die trigeminale Empfindung eine Sensitivierungscharakteristik aufweist. Das

bedeutet, dass olfaktorische Reize in geringer bis moderater Intensität vornehmlich auch nur olfaktorische Empfindungen hervorrufen, mit zunehmender Intensität jedoch trigeminale Empfindungen hinzukommen (Burdach 1988). Somit besteht die Hauptaufgabe des trigeminalen Systems in einer angeborenen Warnfunktion, indem bei übermäßiger chemosensorischer Reizung unangenehme Empfindungen und auf autonomer Ebene Schutzreflexe wie Tränen oder Niesen ausgelöst werden (Hudson & Distel, 2002). Es ist hierbei jedoch zu bedenken, dass bereits allein durch die normale Atmung bedingten intranasalen Druck- und Temperaturveränderungen trigeminale Sensationen hervorgerufen werden (Burrow, Eccels & Jones, 1983).

Mit Hilfe der Vergleiche von Wahrnehmungsschwellen und Intensitätseinschätzungen lässt sich feststellen, welche Reize von Anosmikern nicht (oder nur geringfügig) wahrgenommen werden können (hierbei handelt es sich dann vorwiegend um olfaktorische Reize) und welche mit großer Übereinstimmung detektiert wurden (hierbei handelt es sich dann um vorwiegend trigeminale Reize) (Doty, Brugger, Jurs, Orndorff, Snyder & Lowry, 1978). Zu den überwiegend olfaktorischen Reizen können n-Dekansäure (übel riechend), Vanillin, 2-Phenylethylalkohol (rosenartig) und Eugenol (nelkenartig) gezählt werden. Als überwiegend trigeminale Reize werden Pyridin, Azeton und „Propionic Acid“ beschrieben.

Mittels PET- (Savic, Gulyas & Berglund, 2000; 2002b) und fMRT-Studien (Hummel, Doty & Yousem, 2005) konnte gezeigt werden, dass trigeminale Reize Aktivierungen in der Insel und im Mesenzephalon hervorrufen sowie veränderte Aktivierungsmuster motorischer Areale nach sich ziehen [Hypoaktivierung von SMA und S I (PET); Hyperaktivierung im SMA (fMRT)]. Des Weiteren ließ sich erkennen, dass neben der vermehrten Insel-Aktivität trigeminale Reize auch weitere olfaktorische Strukturen aktivieren [PFK, Amygdala, dorsomedialer/ventromedialer Thalamus, lateraler Hypothalamus, Cerebellum und im posterioren Teil des anterioren cingulären Kortex (PET), im dorsolateralen OFK, im Nukleus caudatus, im Gyrus frontalis medius und im Gyrus temporalis superior (fMRT); siehe Kapitel 2.2.1 sowie Hummel, Doty & Yousem, 2005; Jones-Gotman & Zatorre, 1988; Kettenmann, Jousmaki, Portin, Salmelin, Kobal & Hari, 1996; Savic, Gulyas, Larsson und Roland, 2000)].

2.2.3 Sozial relevante Chemosignale und das vomeronasale System

Die Tatsache, dass die Sekrete bestimmter Hautdrüsen einen vielfältigen Einfluss auf die soziale Umwelt haben, wurde bereits von Darwin beschrieben (Darwin, 1887). Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen, welche eindrucksvoll belegen, dass auch hoch komplexe soziale Interaktionen über chemosensorische Signale reguliert werden (zur Übersicht siehe Doty, 2003; Jacob, Zelano, Hayreh & McClintock, 2002; McClintock, 2002; Wyatt, 2003). Die Wahrneh-

mung solcher sozial relevanter chemosensorischer Reize wird eng mit der Funktionstüchtigkeit des vomeronasalen Systems in Verbindung gebracht. Das vomeronasale System besitzt eine eigenständige sensorische Struktur, dessen direkte Projektionen Hirnstrukturen erreichen, welche nicht primär mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht werden (Brennan & Keverne, 2003). Nicht nur aufgrund der unterschiedlichen primären Projektionsgebiete sollte zwischen Gerüchen und sozial relevanten Chemosignalen differenziert werden (McClintock, 2002). So ist beispielsweise die funktionelle Wirkung sozial relevanter Chemosignale im Gegensatz zu Gerüchen nicht an bewusste Wahrnehmungsprozesse gebunden. Auch sind Verhaltensanpassungen auf Gerüche durch eine hohe Flexibilität gekennzeichnet, hingegen werden die Reaktionen auf sozial relevante Chemosignale als relativ stereotype Veränderung auf der Verhaltens- und endokrinen Ebene beschrieben (Brennan & Keverne, 2003; McClintock, 2002; Meredith, 2001).

Im Folgenden wird auf die sozial relevanten Chemosignale, deren Produktion sowie auf Hirnstrukturen, welche mit der Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale assoziiert werden, eingegangen. Abschließend werden Befunde bildgebender Verfahren zur Untersuchung der Wahrnehmung potentiell sozial relevanter Chemosignale beim Menschen dargestellt.

2.2.3.1 Sozial relevante Chemosignale

Bethe (1932) führte als erster ein Klassifikationssystem von Chemosignalen ein. Er unterschied dabei zwischen solchen Substanzen, welche innerhalb des Organismus dem Informationsaustausch dienten (den Endohormonen – später nur noch als Hormone bezeichnet) und solchen, welche nach außen hin abgegeben werden und auf andere Organismen einwirken (die Ektohormone). Letztere wurden wieder danach unterteilt, ob sie interspezifische (Allohormone) oder intraspezifische (Homoiohormone) Wirkungen aufwiesen. Karlson & Lüscher (1959) münzten den Begriff Homoiohormon in Pheromon (aus dem Griechischen; zusammengesetzt aus „pherein“ = hinübertragen und „hormon“ = in Bewegung setzen). Sie definierten Pheromone als „substances secreted to the outside by an individual and received by a second individual of the same species in which they release a specific reaction, for instance a definite behaviour or developmental processes“.

Wilson & Bossert (1963) unterteilten Pheromone aufgrund ihrer zeitlichen Wirkungen in Releaser-Pheromone und Primer-Pheromone. Releaser-Pheromone rufen beim Wahrnehmenden eine unmittelbare, charakteristische Verhaltensänderung hervor. So bewirkt beispielsweise das Vaginalsekret weiblicher Rhesusaffen bei männlichen Artgenossen unmittelbar Paarungsverhalten (Michael & Keverne, 1968). Primer-Pheromone hingegen wirken längerfristig auf den endo-

krinen Status des Empfängers ein. So induzieren chemosensorische Signale ausgewachsener männlicher Mäuse bei weiblichen Artgenossen den Östrus (Whitten-Effekt; Whitten, 1959) und bewirkt bei jungen weiblichen Mäusen eine Beschleunigung der Pubertät (Vandenbergh-Effekt; Vandenberg, 1967). Chemosensorische Signale ausgewachsener weiblicher Mäuse hingegen unterdrücken den Östrus und verzögern die Pubertät junger weiblicher Artgenossen (Lee-Boot-Effekt; Lee & Boot, 1955; 1956). Bronson & Marsden fügten 1964 dieser Klassifikation die Signal- oder Identifikations-Pheromone hinzu. Letztere Pheromon-Art ist dadurch gekennzeichnet, dass sie durch den normalen Metabolismus des Senders produziert wird und vermittelt Informationen über seine Identität, Alter und sozialen Status (Brown, 1979). Zu den Informations-Pheromonen lassen sich auch solche Substanzen zählen, welche der Kommunikation emotionaler Zustände (z.B. Stress) dienen (Pause, 2004c). Eine ausführlichere Besprechung dieser Form der Kommunikation findet sich in einem eigenen Kapitel unter Punkt 2.4.

Ein alternativer Ansatz zur Klassifizierung sozial relevanter Chemosignale findet sich bei Wyatt (2003), indem er Pheromone hinsichtlich ihrer sozialen Funktionen einteilt. Während „Sexualpheromone“ eine Mobilisierung gegengeschlechtlicher Artgenossen bewirken, indem bei diesen fortpflanzungsdienliche Veränderungen im Verhalten und im endokrinen Status hervorgerufen werden (z.B. bei Michael & Keverne, 1968; Zeeck, Harder, Beckmann & Müller, 1996), so werden über „Aggregationspheromone“ auch gleichgeschlechtliche Artgenossen rekrutiert, um eine notwendige Populationsdichte zu wahren (z.B. bei Heller & Halpern, 1982; McCall, Cameron, 1995). Über „Territoriale Pheromone“ werden Gebietsansprüche kommuniziert (z.B. bei Hölldobler & Wilson 1978; Sillero-Zubiri & MacDonald, 1998) sowie mittels „Pheromonen zur Wiedererkennung“ sozialer Organisationsstrukturen Informationen über den Staat, die Sippe, die Verwandtschaft sowie über Individuen vermittelt (z.B. bei Mateo, 2003; 2004). Über „Wirtmarker-Pheromone“ werden Nahrungsplätze gekennzeichnet (z.B. bei Roitberg & Prokopy, 1981) und über „Rekrutierungs-Pheromone“ Artgenossen mobilisiert, um nahrungsreiche Futterplätze aufzusuchen oder auch Nestbauverhalten zu initiieren (z.B. bei Hölldobler & Wilson 1978; Bonabeau, Theraulaz, Deneubourg, Franks, Rafelsberger, Joly & Blanco, 1998). Im Falle eines Angriffs signalisieren „Alarm-Pheromone“ eine Gefahrensituation, wodurch bei Artgenossen Kampf- oder Fluchtverhalten ausgelöst werden kann (siehe auch Punkt 2.4.2).

Anhand dieser Beispiele sollen die Bedeutung chemosensorischer Signale bei der Gestaltung und Aufrechterhaltung sozialer Strukturen deutlich werden, wobei bedacht werden muss, dass das Vorkommen der einzelnen Pheromonarten von Spezies zu Spezies variiert (zur Übersicht siehe Wyatt, 2003). Auch lassen sich beim Menschen Hinweise auf die Existenz von sozial relevanten Chemosignalen finden. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass chemosensori-

sche Reize aus der Achselhöhle der Frau bei weiblichen Wahrnehmenden den Menstruationszyklus beeinflussten (McClintock, 1998; 1999), in Abhängigkeit der genetischen Ähnlichkeit die Hirnaktivität modulieren (Pause, Krauel, Sojka & Ferstl, 1999; Pause, Krauel, Schrader, Sojka, Westphal, Müller-Ruchholtz & Ferstl, 2006) sowie Stimmungs- und Verhaltensänderungen bei den Wahrnehmenden hervorrufen können (Preti, Wysocki, Barnhart, Sondheimer, & Leyden, 2003). Während sich ein Großteil der Humanstudie auf den Zusammenhang zwischen Chemosignalen und Reproduktion konzentriert (zur Übersicht siehe McClintock, 2002), so ist ein Nachweis einer Kommunikation von Gefahrensituationen beim Menschen noch eine relativ junge Disziplin. Dieses für die vorliegende Arbeit zentrale Thema wird unter Punkt 2.4 in einem gesonderten Kapitel beschrieben.

2.2.3.2 Produktion von Chemosignalen

Körpergerüche weisen zeitlich stabile, individualspezifische Komponenten auf (Pause et al., 1999; 2006), werden jedoch auch durch metabolische Prozesse beeinflusst. So wurde beispielsweise beim Menschen der Körpergeruch als Instrument zur Diagnostik u.a. von Erkrankungen eingesetzt, welche mit Veränderungen des Stoffwechsels einhergehen (siehe Hayden, 1980; Liddell, 1976; Senol & Fireman, 1999). Die wichtigsten Entstehungsorte von Körpergerüchen sind die Haut, die Speicheldrüsen, die Drüsen der akzessorischen Organe des Auges sowie auch Urin, Fäkalien, Sperma und Vaginalsekret charakteristische Gerüche aufweisen (Adams, 1980). Es werden insgesamt vier verschiedenen Drüsen mit der Produktion des Körpergeruchs in Verbindung gebracht: die apokrinen, die apoekkrinen, die ekkrinen und die Talgdrüsen (Cohn, 1994; Heckmann, Teichmann, Pause & Plewig, 2003). Apokrine und apoekkrine Drüsen entwickeln sich erst im Laufe der Pubertät (Sato & Sato, 1987; Sato, Leidal & Sato, 1987) und gelten als Kandidaten für die Produktion von potentiellen Pheromonen. Dabei sind es vor allem die apokrinen Drüsen, welche im Zusammenhang mit der Produktion von Chemosignalen am besten untersucht wurden (Pause, 2004a). Beim Menschen lassen sich die apokrinen Drüsen hauptsächlich in der Gegend um die Brustwarzen, im Genitalbereich und in der Achselhöhle finden (Labows, Jr., 1994). Die Drüsen entleeren ihr beinah geruchloses Sekret in den Schaft des Haarfollikels, aus dem es an die Hautoberfläche tritt. Erst durch die viszerale Zersetzung des apokrinen Sekrets durch hier ansässige Bakterienstämme entsteht die geruchliche Komponente des Sekrets (Doty, 1985). Dabei sind es vornehmlich zwei Bakterienarten, welche für die Produktion des Geruchs verantwortlich sind: Die Inkubation des Sekrets mit der Bakterienart Micrococcuss führt zur Produktion von Isovaleriansäure, welche durch den typischen Schweißgeruch charakterisiert ist. Hingegen bewirken Corynebakterien im Kontakt mit apokrinem Sekret einen stechenden Geruch

(Gower, 1994, Leyden et al., 1981). Neben der wichtigsten charakteristischsten Geruchskomponente trans(E)-3-Methylhex-2-ensäure (Zeng, Leyden, Spielman & Preti, 1996) konnten in der menschlichen Achselhöhle 16-Androstene (Androgenmetaboliten) identifiziert werden, welche dem Schweiß durch Inkubation mit den Corneybakterien den moschus- und urinartigen Charakter verleihen (Gower, 1994). Es zeigte sich, dass die Prävalenz von Corynebakterien im Vergleich zu Frauen bei Männern höher ist, Frauen jedoch im Vergleich zu Männern eine höhere Prävalenz von Micrococcuss-Bakterien aufweisen. Diese geschlechtsspezifische Bakterienverteilung, aber auch die Tatsache, dass sich in der männlichen Achselhöhle im Vergleich zu Frauen mehr 16-Androstene finden lassen, erklärt wahrscheinlich auch, warum Männer im Vergleich zu Frauen einen stärkeren Körpergeruch aufweisen (Gower & Ruparelia, 1993; Labows, Jr., 1994). Von den in der Achselhöhle identifizierten 16-Androstenen, welche ihren Ursprung in den Hoden bzw. Gonaden und in der Nebenniere finden (Smals & Weusten, 1991), werden Androstenon (5α-androst-16-en-3-one), Androstenol (5α-androst-16-en-3-a-ol) und Androstadienon (androsta-4,16-dien-3-one) als potentielle Pheromone diskutiert (Hays, 2003; Laska, Wieser & Salazer, 2005; Pause, 2004b). Darüber hinaus konnten im apokrinen Sekret Testosteronderivate nachgewiesen werden (Toth & Faredin, 1985) und es wurde gezeigt, dass Testosteron auch durch Corynebakterien zersetzt wird, jedoch ist bislang unklar, ob es auch in ein geruchliches 16-Androsten umgewandelt wird (Mallet, Holland, Rennie, Watkins & Gower 1991; Nixon, Mallet, Jackman, & Gower, 1986).

2.2.3.3 Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale

2.2.3.3.1 Vomeronasales Organ

Das vomeronasale Organ (VNO), oder auch Jacobson´sche Organ, ist eine bilaterale, röhrenartige Struktur, welche in der Basis der Nasenhöhle eingelagert ist und unterhalb des Nasenseptums verläuft. Eingeschlossen durch eine knöcherne Kapsel beschreibt es die Form eines Halbmondes, in dessen Innerem sich ein Hohlraum befindet (Døving & Trotier, 1998). Durch eine Vasodilatation vorbeiführenden Blutgefäße öffnet sich dieser Hohlraum, wodurch inhalierte chemosensorische Reize aus der Nasenhöhle in das VNO gelangen und dessen sensitive Strukturen erreichen (Salazar & Sánchez Quinteiro, 1998). Im medialen, konkaven Bereich des VNO befindet sich das sensorische Epithel des VNO, welches aus den drei Zelltypen Rezeptorneurone, Stütz- und Basalzellen besteht. Wie auch im Falle des olfaktorischen Epithels besteht die Hauptaufgabe der Basalzellen in der Neurogenese neuer Rezeptorneurone, während die Stützzellen hauptsächlich der Stabilisierung der Rezeptorneurone dienen. Die Dendriten der bipolaren vomeronasalen Re-

zeptorneurone reichen bis in die Oberfläche des Epithels, wo die Signaltransduktion stattfindet. Interessanterweise exprimiert ein Rezeptorneuron nur einen einzigen Rezeptor, welcher wiederum hochspezifisch nur auf ein bestimmtes, vorwiegend auf ein kurzkettiges Molekül reagiert (Brennan & Keverne, 2003; Keverne 1999). Im Gegensatz zum olfaktorischen System erfolgt die Übersetzung eines chemischen Reizes in ein elektrisches Signal nicht über die Aktivierung von G-Proteinen, sondern über die Aktivierung von Inositoltrisphosphat (Kroner, Breer, Singer & O´connell, 1996). Es wurden insgesamt zwei unterschiedliche Gene zur Produktion von G-Protein assoziierten Rezeptorneuronen (V1R und V2R) identifiziert (Dulac & Axel, 1995). Dabei sind die Rezeptortypen nicht nur im Epithel unterschiedlich lokalisiert (V1R-Neurone befinden sich im oberen Bereich des Epithels, V2R-Neurone hingegen im unteren Teil; Herrada & Dulac, 1997) und reagieren auf unterschiedliche Liganten, sondern projizieren auch in von einander abgegrenzte Hirngebiete (s.u.).

Das VNO gilt weitläufig als die prominente Struktur, welche mit der Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale in Verbindung gebracht wird. So wurde beispielsweise gezeigt, dass das Vaginalsekret von Hamsterweibchen bei sexuell naiven männlichen Artgenossen unmittelbares Paarungsverhalten sowie einen Anstieg des Testosteronspiegels hervorrief. Eine Entfernung des VNO´s hatte hingegen zur Folge, dass die endokrinen und Verhaltensänderungen infolge der Darbietung des Sekrets bei sexuell naiven Hamstermännchen ausblieben (Meredith, 1986). Auch wurde beispielsweise gezeigt, dass der oben beschriebene Whitten- und Vandenbergh-Effekt bei Mäusen durch ein funktionstüchtiges VNO vermittelt wird (Keverne, 1998). Ein VNO lässt sich bei den meisten Amphibien, Reptilien und Säugetieren finden (Dawley, 1998), hingegen verfügen beispielsweise nicht-menschliche Primaten, Vögel sowie einige marine Spezies über kein VNO (Bhatnagar & Meisami, 1998). Beim Menschen scheint das VNO zwar embryonal angelegt zu sein, jedoch divergieren histologische Befunde zur Existenz eines VNO´s beim Erwachsenen (zur Übersicht siehe McClintock, 2002). In einigen Studien wurde es beim Erwachsenen im Septum als kleine, 1-2 mm breite Grube identifiziert, es gilt jedoch als sehr ungewiss, ob sich in dieser Grube auch tatsächlich funktionstüchtige Rezeptorzellen finden lassen (Hudson & Distel, 2002; Jacob, Zelano, Hayreh & McClintock, 2002; Mederith, 2001). Auch gilt die Existenz efferenter Verbindungen vom VNO zu zentralen Projektionsgebieten als unwahrscheinlich (Meisami & Bhatnagar, 1998). Entgegen dieser Annahmen beschrieben Monti-Bloch und Grosser (1991) mittels Einzelzellableitungen, dass eine Stimulation des menschlichen VNO´s durch Steroide (u.a. Androstadienon) zu einer gesteigerten lokalen Neuronenaktivität führte. Auch wurde aus der gleichen Arbeitsgruppe berichtet, dass die Stimulation des menschlichen VNO´s durch einen synthetischen, potentiell pheromonalen Botenstoff (pregna-4,20-diene-3,6-dione) beim Mann

Veränderungen des autonomen und endokrinen Systems hervorrufen kann (Monti-Bloch, Diaz-Sanchez, Jennings-White & Berliner; 1998). Da es jedoch bislang noch keiner Forschgruppe gelungen ist, die von Monti-Bloch und Kollegen berichteten Effekte zu replizieren, werden diese Ergebnisse grundsätzlich in Frage gestellt (siehe Meredith, 2001).

Wie jedoch verschiedene Studien zeigen konnten, wird die Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale nicht exklusiv durch ein funktionstüchtiges VNO vermittelt, sondern kann durch das olfaktorische System unterstützt werden (Fewell & Meredith, 2002). So wurde z.B. bei den oben erwähnten Hamstern beobachtet, dass Hamstermännchen, wenn sie bereits sexuelle Erfahrungen gesammelt hatten, auch ohne ein VNO nach Exposition mit Vaginalsekret die beschriebenen endokrinen Veränderungen zeigten (Johnston, 1998). In anderen Fällen wiederum scheint ein VNO grundsätzlich nicht an der Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale beteiligt zu sein: Bei weiblichen domestizierten Schweinen führt die Darbietung von Androstenon zur Einnahme der Duldungsstarre. Jedoch wird diese Reaktion auf das Chemosignal nicht durch eine Blockierung des VNO´s beeinflusst, sondern erfolgt offensichtlich über das olfaktorische System (Dorries, Adkins-Regan & Halpern, 1997). Wie kürzlich gezeigt wurde, konnte beim Menschen ein Rezeptorgen identifiziert werden, welches in der menschlichen Nasenschleimhaut einen Rezeptor exprimiert, der eine hohe Übereinstimmung mit dem im VNO der Maus identifizierten VR1-Gen aufweist. Die Autoren vermuten, dass dieses V1r-like gene-1-Gen (V1RL1) an der Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale über das olfaktorische System beteiligt ist (Rodriguez, Greer, Mok & Mombaerts, 2000).

2.2.3.3.2 Zentrale Projektionen

Die Axone der VNO-Rezeptorzellen konvergieren gemeinsam auf den vomeronasalen Nerv und erreichen über diesen den akzessorischen olfaktorischen Bulbus (AOB). Der AOB liegt im dorsokaudalen Bereich des MOB´s, ist jedoch vom MOB funktionell getrennt (Brennan & Keverne, 2003). Wie im Falle des olfaktorischen Systems erreichen die Axone der Rezeptorzellen auf die dort eingelagerte Glomeruli, jedoch unterscheiden sich das vomeronasale und das olfaktorische System hinsichtlich ihrer glumerolären Verschaltungen: So konvergieren im MOB Rezeptoren spezifisch die Glomeruli, hingegen erreichen beim vomeronasalen System Rezeptoren unterschiedlicher Spezifität auch gemeinsame Glomeruli. Die zugrunde liegenden Verschaltungen sind mitunter derart komplex, dass diese bis heute noch nicht entschlüsselt wurden (Brennan & Keverne, 2003; Keverne, 1999). Jedoch konnte gezeigt werden, dass die Axone der V1R-Neuronen in den anterioren Teil des AOB´s projizieren, Axone der V2R-Neurone hingegen erreichen dessen posterioren Bereich (Halpern, Jia & Shapiro, 1998). Trotz dieser anatomisch ge-

trennten Projektionsgebiete erreichen der anteriore und der posteriore Bereich des AOB´s gemeinsame Hirngebiete (Campenhausen & Mori, 2000): Über den dorsalen olfaktorischen Trakt (via Mitral- und Bündelzellen) werden der mediale Kern der Amygdala, der posteriormediale Bereich des kortikalen Kerns der Amygdala, der bed nucleus der Stria terminalis (BNST) und der bed nucleus des akzessorischen olfaktorischen Trakts (BAOT) erreicht (Scalia & Winans, 1975). Alle beschriebenen primären Projektionen halten reziproke Verbindungen sowohl zum anterioren als auch posterioren Bereich des AOB´s aufrecht (Campenhausen & Mori, 2000).

Amygdala

Die AOB-Efferenzen, welche den medialen Kern der Amygdala erreichen, gelangen von dort aus zum zentralen Kern der Amygdala, zur Substantia innominata, in den lateralen, intermediären und medialen Bereich des BNST, in die präoptische Region und zum medialen, anterioren und ventromedialen Hypothalamus (DeOlmos, Alheid & Beltramino, 1985; Swanson & Petrowich, 1998). AOB-Efferenzen, welche den posteriormediale Bereich des kortikalen Kerns der Amygdala erreichen, werden in das ventrale Sublikumum (als Teil der Hippokampusformation), in den Nukleus akkumbens und in den posterioren Nukleus der Amygdala (PA) geleitet. Vom PA aus erreichen Efferenzen den medialen Thalamus, den BNST sowie den medialen Hypothalamus (Swanson & Petrowich, 1998). Dabei sind der mediale Kern und der PA amygdaloide Strukturen, welche an der Steuerung endokriner, autonomer und Verhaltensänderungen beteiligt sind: So werden über Projektionen aus dem PA in den medialen Hypothalamus solche Gebiete stimuliert, welche reproduktives sowie exploratives Verhalten hervorrufen. Projektionen aus dem medialen Kern der Amygdala in den medialen Hypothalamus regulieren neben reproduktivem Verhalten auch die Ausführung von motorischen Defensivreaktionen (Risold, Thompson & Swanson, 1997). Wie beispielsweise kürzlich gezeigt wurde, hatte eine Läsion des medialen Kerns der Amygdala bei männlichen Ratten zur Folge, dass das stereotype Defensivverhalten (Freezing), ausgelöst durch den „Geruch“ männlicher Artgenossen, ausblieb (Chen, Shemyakin, Wiedenmayer, 2006).

BNST

Der BNST ist ein Zellverbund im rostalen Bereich des Vorderhirns und wird eingeschlossen durch den lateralen Ventrikel, das laterale Septum, die Fornix, den Nukleus akkumbens, die präoptische Region und den Hypothalamus (Nijsen, Croiset, Diamant, Wied & Wiegant, 2001). Der BNST projiziert u.a. in solche subkortikalen Hirngebiete, welche an der Steuerung autonomer Prozesse und Verhalten beteiligt sind. So werden beispielsweise über Projektionen in den kaudal

ventrolateralen Bereich der Medulla und in den lateralen Hypothalamus sympathische vermittelte Aktivierungen hervorgerufen (Giancola, Roder & Ciriello, 1993; Joseph, 1990), hingegen führen Projektionen in den dorsalen motorischen Nukleus des Vagus zur Aktivierung parasympathischer Anteile (Laughton & Powley; 1987; Hopkins, 1987). Zudem projiziert der BNST in weite Bereiche des Mesenzephalons (z.B. Substantia nigra, ventrales Tecmentum; Holstege, Meiners & Tan, 1985). Die Bedeutung des BNST bei der Vermittlung stereotyper, angeborener Verhaltensweisen wurde im Tierversuch mehrfach bestätigt. So bewirkte bei Ratten die zeitweilige Hemmung des BNST eine Unterdrückung einer stereotypen Defensivreaktion (Freezing) auf Trimthylthiazoline (TMT; ein chemische Komponente von Fuchsfäkalien; Fendt, Endres & Apfelbach, 2003). Auch der „Geruch“ von Katzen führt bei Nagetieren zu einer Expression von Defensivreaktionen. Mittels c-fos-Immunozytochemie zeigte sich bei Ratten, dass eine Exposition mit „Katzengeruch“ eine erhöhte Anzahl von fos-aktiver Neurone im AOB, im BNST, im Bereich der ventromedialen Amygdala sowie in vielen Bereichen des Hypothalamus/präoptische Region finden ließen (Dielenberg & McGregor, 2001).

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass im Vergleich zum olfaktorischen System die Reizwahrnehmung chemosensorischer Reize über das vomeronasale System nicht zu einer Involvierung neokortikaler Strukturen führt, hingegen das Signal über kurze Verbindungsweg in solche Gebiete gelangt, welche an der Steuerung von Verhalten und autonomer Prozesse beteiligt sind (Brennan & Keverne, 2003; Christensen & White, 2000).

2.2.3.4 Befunde bildgebender Verfahren zur Wahrnehmung möglicher sozial relevanter Chemosignale beim Menschen

In einer initialen fMRT-Studie boten Sobel und Mitarbeiter männlichen Versuchsteilnehmern östra-1,3,4(10),17-tetraen-3yl Azetat (PH15) in niedriger und höherer Konzentration dar (Sobel, Prabhakaran, Hartley, Desmond, Glover, Sullivan & Gabrieli, 1999). PH15 wurde von der Arbeitsgruppe um Monti-Bloch als ein chemosensorischerer Reiz beschreiben, welcher laut den Autoren Veränderungen im autonomen Nervensystem hervorrufen kann (Monti-Bloch, Jennings-White, Dolberg & Berliner, 1994). Zwar gaben die Vpn im fMRT-Experiment an, PH15 weder in der niedrigen noch in der hohen Konzentration bewusst wahrnehmen zu können, jedoch wurde PH15 in hoher Konzentration signifikant überzufällig häufig detektiert. Unabhängig von der Dosierung führte PH15 im Vergleich zu einer nicht-Geruchsbedingung zu Aktivierungen im anterioren medialen Thalamus (bei 7 von 8 Vpn), im Gyrus frontalis inferior (bei 6 von 8 Vpn) sowie in der Amygdala, im Hippokampus und im Hypothalamus (bei 5 von 8 Vpn). Weitere vereinzelte

Aktivierungen (d.h. bei weniger als der Hälfte aller Vpn) wurden im lateralen OFK, im Gyrus frontalis superior, im PFK, in der peri-insulären Region und dem Gyrus temporalis superior identifiziert. Einzig im Thalamus zeigte sich ein dosisabhängiger Aktivierungseffekt: Bei höherer Konzentration wurden im anterioren medialen Thalamus stärkere Aktivierungen gemessen als im Vergleich dazu bei der Wahrnehmung der geringeren Dosis. Die Tatsache, dass thalamische Aktivität auch nach der Darbietung nichtwahrnehmbarer Konzentrationen von PH15 zu beobachten war, solle nach Meinung der Autoren dazu führen, die Rolle des Thalamus als eine Struktur, welche mit selektiver Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht wird, neu zu überdenken. Die Autoren schlossen aus ihren Befunden, dass das nicht wahrnehmbare potentielle Pheromon (PH15 in niedriger Konzentration) die Hirnaktivität in solchen Bereichen verändert, welche mit der Wahrnehmung von olfaktorischen und/oder affektiven Reizen in Verbindungen gebracht werden.

Jacob, Kinnunen, Metz, Cooper und McClintock (2001) boten Frauen in unterschwelliger Konzentration Androstadienon dar, währenddessen mittels PET der Metabolismus von 2-Fluoro-2-Desoxyglukose (FDE; Equilibrationszeit: 40 min) erfasst wurde. Androstadienon ist ein 16-Androstenon, welches wie oben bereits beschrieben unter anderem in der menschlichen Achselhöhle identifiziert wurde (Pause 2004b; c)[7]. Die Wahrnehmung von Androstadienon führte im Vergleich zur Darbietung der Trägersubstanz in Form von Nelkenöl zu vermehrten Aktivierungen im präfrontalen Kortex (rechtsseitig), im Bereich Amygdala/Hippokampus und inferiorer Temporallappen (linksseitig), im anterioren Thalamus, im Bereich Hypothalamus/Basalganglien (rechtsseitig) sowie im visuellen Kortex. Hypoaktivierungen (Kontrast: Nelke – Androstadienon) zeigten sich hingegen im AGC (linksseitig), in bilateralen parietalen bis okzipitalen Anteilen, bilateral in prämotorischen Gebieten, im präfrontalen Kortex (rechtsseitig) sowie im Cerebellum (linksseitig). Die Autoren schlossen daraus, dass Androstadienon als nicht wahrgenommenes potentielles Pheromon u.a. im Hypothalamus Aktivierungen hervorruft, welcher bei Tieren als Innervationsgebiet des ABO beschrieben wurde und damit im Zusammenhang mit einer pheromonalen Kommunikation steht.

Die Arbeitsgruppe von Savic und Kollegen untersuchte die Wahrnehmung von 4,16-Androstadien-3-on (AND) und Östra-1,3,4(10)-tetraen-3ol (EST)[8]. In einer ersten PET-

[7] Wie kürzlich in einer CSEKP-Studie gezeigt wurde, so ist für die Wahrnehmung von Androstadienon kennzeichnend, dass es im Vergleich zu einem olfaktorischen Reiz (H_2S, alle Reize gematched nach Intensität) zu kürzeren Latenzen in der N1, P1 und P3 führt und somit gegenüber dem olfaktorischen Reiz bevorzugt verarbeitet wird (Lundström, Olsson, Schaal & Hummel, 2006).

[8] AND ist ein Testosteronderivat, welches möglicherweise in der menschlichen Achselhöhle sezerniert wird. In nicht-bildgebenden Studien zeigte sich, dass die Wahrnehmung von AND bei Frauen zu einer Steigerung bei Männern hingegen zu einer Abnahme des Erregungsniveaus führte (bestimmt über einen Index bestehend aus 8 ver-

Untersuchung wurden AND und EST männlichen und weiblichen Vpn dargeboten (Savic, Berglund, Gulyas & Roland, 2001). Die Ergebnisse zeigten, dass AND und EST geschlechtsspezifische Aktivierungen im Hypothalamus hervorrufen: AND rief nur bei Frauen, nicht aber bei Männern vermehrte hypothalamische Aktivität (im präoptischen Bereich und dem ventromedialen Kern) hervor. Hingegen führte EST nur bei Männern zu vermehrter Aktivität im Hypothalamus (im paraventrikulären und dorsomedialen Kern), bei Frauen jedoch nicht. Zudem wurde gezeigt, dass beide Substanzen auf einem liberalen Signifikanzniveau ($p < 0,1$) sowohl bei Männern als auch bei Frauen zu vermehrter Aktivität in solchen Bereichen führten, welche primär und sekundär mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize in Verbindung stehen (Amygdala, PFK, Insel, Gyrus cingulum anterior). Die Autoren schlossen daraus, dass die geschlechtsspezifischen hypothalamischen Aktivierungen als das neuronale Korrelat geschlechtsabhängiger Reaktionen auf männliche und weibliche Chemosignale verstanden werden können. In zwei weiteren PET-Studien aus derselben Arbeitsgruppe wurden gezeigt, dass diese geschlechtsspezifischen hypothalamischen Aktivitäten auf AND und EST in Zusammenhang mit der sexuellen Orientierung stehen. So ließ sich bei homosexuellen im Gegensatz zu heterosexuellen Männern eine hypothalamische Aktivität durch AND beobachten, jedoch blieb bei homosexuellen Männern die bei heterosexuellen Männern beobachtete hypothalamische Aktivierung durch EST aus. Somit wurde bei Männern die hypothalamische Aktivität nicht durch das Wahrnehmendengeschlecht, sondern durch die sexuelle Orientierung moderiert. Dies traf im Übrigen auch auf die Aktivierungen weiterer (olfaktorischer) Strukturen zu (Savic, Berglund & Lindström, 2005). Bei homosexuellen Frauen konnte dieser Umkehreffekt nicht vollständig gezeigt werden. Zwar rief AND bei homosexuellen Frauen wie bei heterosexuellen Männern keine hypothalamische Aktivierung hervor, jedoch ließ sich auch keine hypothalamische Aktivierung durch EST beobachten, wie es bei heterosexuellen Männern der Fall war. Dennoch ähnelten sich die Aktivierungen weiterer (olfaktorischer) Strukturen homosexueller Frauen und heterosexueller Männer, verglichen mit den Aktivierungen homosexueller Frauen (Berglund, Lindström & Savic, 2006).

Boyle, Zatorre, Pause und Jones-Gotman (2005) boten in einer PET-Studie AND Personen dar, welche dieses entweder bewusst wahrnehmen (AND-Osmiker) oder nicht bewusst wahrnehmen können (AND-Anosmiker). AND rief bei AND-Osmikern im Kontrast zur Baseline so-

---

schiedenen psychophysiologischen Maßen u.a. SCR, EKG, Blutdruck und Körpertemperatur; Bensafi, Brown, Tsutsui, Mainlnd, Johnson, Bremner, Young, Mauss, Ray, Gross, Richards, Stappen, Levenson & Sobel, 2003). Zudem kann AND im emotionalen Kontext den Stimmungsverlauf und Gedächtnisfunktionen beeinflussen (Bensafi, Brown, Khan, Levenson & Sobel, 2004; Jacob & McClintock, 2000; Lundström, Goncalves, Esteves & Olsson, 2003; Lundstrom & Olsson, 2005). EST hingegen ist ein Östrogenderivat, welches nur bei schwangeren Frauen im dritten Trimester der Schwangerschaft im Urin nachzuweisen ist (Thysen, Elliot & Katzmann, 1968). Wie AND kann auch EST im sexuellen Kontext das peripher-physiologische Erregungsniveau steigern (Bensafi, Brown, Tsutsui, Mainland, Johnson, Bremner, Young, Mauss, Ray, Gross, Richards, Stappen, Levenson & Sobel, 2003).

wie zu olfaktorischen Reizen (angenehm: PEA, unangenehm: Pyridin, gemacht mit AND nach Intensität) vermehrte Aktivierungen im medialen Thalamus linksseitig, im Gyrus cingularis posterior linksseitig und im Sulcus calcarinus im Okzipitallappen bilateral hervor. AND-Anosmiker hingegen wiesen in denselben Kontrasten nur Aktivierungen im linken primären somatosensorischen Kortex (im Gyrus postcentralis) auf. Die Autoren verweisen darauf, dass die olfaktorische Wahrnehmung von AND (weder bei AND-Osmikern noch bei AND-Anosmikern) nicht zu Aktivierungen in typischen olfaktorischen Strukturen führte. Dennoch hat die Fähigkeit, AND olfaktorisch wahrnehmen zu können, einen bedeutsamen Einfluss auf die Aktivierungsmuster.

Zusammenfassend weisen diese Befunde darauf hin, dass Steroide, welche so oder in ähnlicher Form in der menschlichen Achselhöhle sezerniert werden, in solchen Hirngebieten Aktivierungen hervorrufen können, die mit der Verarbeitung olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht werden (Amygdala, PFK, Hippokampus, Insel, lateraler OFK, Thalamus, Hypothalamus & Cerebellum). Dabei ist eine bewusste Wahrnehmung der Reize keine notwenige Voraussetzung dafür, dass differenzielle Aktivierungsmuster gefunden werden können. Aufgrund der geschlechtsspezifischen hypothalamischen Aktivierungsmuster bei der Wahrnehmung von potentiell pheromonalen Substanzen könnte der Hypothalamus bei der Vermittlung motivational/sozial relevanter Chemosignale beteiligt sein. Darüber hinaus wurden uneinheitlich Aktivierungen im Gyrus cinguli, in weiten Bereichen des Frontalen Kortex, in prämotorischen Kortexarealen, im Parietallappen, im Okzipitallappen, im Gyrus temporalis superior und im Cerebellum berichtet.

2.3 Emotionen

Emotionen werden als phylogenetisch erworbene Reaktionstendenzen verstanden, welche dem Organismus ein Repertoire an adaptiven Mechanismen auf bedeutsame Reize zur Verfügung stellen (siehe Averill, 1994; Clark & Watson, 1994; Clore, 1994; Frijda, 1994). Diese adaptiven Reaktionen sind durch Veränderungen autonomer und motorischer Systeme gekennzeichnet sowie von einer subjektiv-verbalen Komponente begleitet (siehe Hamm, Schupp & Weike, 2002).

Die Beschreibung emotionaler Reaktionen kann entlang zweier unterschiedlicher Ansätze erfolgen. Dimensionale Beschreibungssysteme ordnen emotionale Reaktionen entlang eines oder mehrere Kontinuen zu. Dieser Ansatz ist auf Wundt (1896) zurückzuführen, welcher den Gefühlsverlauf als Ergebnis eines Zusammenspiels dreier bipolarer Partialgefühle („Lust/Unlust“, „Erregung/Beruhigung“ und „Spannung/Lösung“) annahm. Zu den modernen Vertretern dieses Ansatzes können Lang und Mitarbeiter (Bradley & Lang, 1994; Hamm & Veitl, 1993; Lang, Greenwald, Bradley & Hamm, 1993) gezählt werden, welche auf Basis der wundt´schen Partialgefühle die Dimensionen „Valenz“ (Annäherung – Vermeidung), „Arousal“ (schläfrig – erregt) und „Dominanz“ (fremdbestimmt – autonom) weiterentwickelten. Hingegen gehen kategoriale Ansätze von einer Mehrzahl diskreter Emotionsklassen aus, zu welchen emotionale Reaktionen zugeordnet werden können – ein Ansatz, welcher auf den von Darwin (1872, neu erschienen 2000) beschriebenen, evolutionär angelegten Emotionskategorien basiert. Als moderner Vertreter dieses Ansatzes gilt Paul Ekmann, welcher die sechs kulturübergreifenden Emotionsklassen „Freude“, „Angst/Furcht“, „Ärger“, „Ekel“, „Trauer“ und „Überraschung“ postuliert (siehe Ekman, 1971). Für uns Menschen scheint im Alltag vor allem das subjektive Erleben die ausschlaggebende Komponente einer Emotion zu sein, jedoch sind die dem Bewusstsein zugänglichen Anteile keine notwendige Voraussetzung für das Auftreten einer emotionalen Adaptation (Damasio, 2004; LeDoux, 2001; Zajonc, 1984) – ein Punkt, welcher weiter unten noch einmal aufgegriffen wird.

Neben den intraindividuellen Funktionen zur kurzfristigen Anpassung an veränderte Umweltbedingungen, dienen emotionale Reaktionen maßgeblich der Steuerung sozialer Prozesse (siehe Banse, 2000; Buck, 1986; Brothers, 1990). Im Weiteren wird zunächst auf die adaptiven Komponenten emotionaler Reaktionen eingegangen. Im Sinne der vorliegenden Arbeit werden hierbei nur solche Befunde besprochen, welche in Bezug zur Anpassung auf Gefahrensignale stehen. Anschließend soll auf den sozialen Charakter emotionaler Reaktionen eingegangen werden.

2.3.1 Wahrnehmung von Gefahrensignalen

Emotionale Anpassungen auf eine Gefahrensituation werden entweder durch die Wahrnehmung der Gefahrensituation selber (als unkonditionierter Reiz) oder stellvertretend durch Reize ausgelöst, welche mit der Gefahrensituation assoziiert worden sind (konditionierter Reiz). Im Folgenden werden die Modelle zur zentralen Verarbeitung der Wahrnehmung konditionierter Gefahrensignale (klassische Furchtkonditionierung) und unkonditionierter Gefahrensignale angesprochen.

2.3.1.1 Zentrale Strukturen der Wahrnehmung konditionierter Gefahrensignale

Romanski und LeDoux (1993) konnten mittels Läsionsstudien an Ratten zeigen, dass der Amygdala eine entscheidende Rolle beim Aufbau und Abruf konditionierter Furchtreaktionen (CS: akustischer Reiz, UCS: E-Schock) zukommt. Dabei wurde festgestellt, dass diese Form des assoziativen Lernens über zwei anatomisch getrennte Pfade erfolgt. So erreichen die Informationen über den akustischen CS zunächst den auditorischen Teil des Thalamus (corpus geniculatis medial: MGB). Informationen, welche in den medialen Teil des MGB gelangen, werden direkt zur Amygdala in den lateralen Kern (LA) weitergeleitet. CS-Informationen aus allen weiteren Bereichen des MGB jedoch erreichen den LA über indirekte Projektionen via auditorischer Assoziationskortexareale. Daneben wird die CS-Information aus den auditorischen Kortexarealen auch in den perirhinalen Kortex, den Hippokampus und das Sublikulum geleitet, von wo aus jeweils der CS in die Amygdala gelangt (siehe Armony & LeDoux, 2000; Davis, 2002; 2004; LeDoux, 2000; 2004). Somit stellt der LA die kritische Eingangsstruktur der Amygdala dar, auf welchen die CS-Information über den direkten und den indirekten Pfad konvergiert. Über mehrere intraamygdaloide Pfade gelangt die CS-Information in den zentralen Kern (ZK) – der Ausgangsstruktur der Amygdala (Pitkänen, Savander & LeDoux, 1997). Wie Läsionsstudien an Nagetieren zeigten, ist der ZK die kritische Struktur bei der Ausführung konditionierter Defensivreaktionen (siehe Davis, 2002; 2004). Der ZK steht mit einer Vielzahl subkortikaler Strukturen in Verbindung, welche an der Generierung von komplexen Furchtreaktionen beteiligt sind. Hierzu gehören beispielsweise der laterale Hypothalamus, über welchen kardiovaskuläre Anteile der konditionierten Reaktion reguliert werden, das periaquäduktale Grau, welches das Defensivverhalten (z.B. Freezing) initiiert sowie der BNST, über welchen die Hypophysen-Gonaden-Achse zur Produktion von Stress Hormonen angeregt wird (Davis, 2004; Davis, Walker & Lee, 1997; LeDoux, 2004; LeDoux, Iwata, Cicchetti & Reis, 1988; van de Kar, Piechowski, Rittenhouse & Gray, 1991).

Diese beschriebene duale Verarbeitung furchtrelevanter Reize wird dahingehend interpretiert, dass über den direkten, subkortikalen Pfad eine unmittelbare Initiierung von Verhaltensrückzugstendenzen erfolgt, ohne den Reiz exakt elaborieren zu müssen. Die Projektionen über den Kortex ermöglichen hingegen eine genauere, jedoch zeitaufwendigere Bewertung des Reizes, wodurch die initiierte Defensivreaktion entweder ausgeführt/verstärkt oder gehemmt werden kann. Dies bedeutet jedoch auch, dass die auf subkortikaler Ebene initiierte Furchtreaktion unabhängig bewusster Anteile erfolgen kann und somit die subjektiv-verbale Komponente einer (defensiven) emotionalen Reaktion nicht zwangsläufig erforderlich ist (Armony & LeDoux, 2000; LeDoux, 1993; 2001, 2004).

Auch beim Menschen konnte wiederholt eine Beteiligung der Amygdala bei der Furchtkonditionierung gezeigt werden. So lässt sich beispielsweise bei Patienten mit genetisch bedingter bilateraler Amygdalapathologie – der Urbach-Wiethe-Störung – keine Furchtkonditionierung etablieren (Bechara, Tranel, Damasio, Adolphs, Rockland & Damasio, 1995). Epilepsiepatienten, bei welchen unilaterale Bereiche des Temporallappens inklusive der Amygdala entfernt wurden, zeigten deutliche Defizite beim Aufbau und Abruf einer Furchtkonditionierung (LaBar, LeDoux, Spencer & Phelps, 1995). Auch unterstreichen die Befunde bildgebender Studien die Bedeutung der Amygdala bei der Furchtkonditionierung beim Menschen. So wurden mittels PET und fMRT vermehrte Amygdala-Aktivierungen bei der Darbietung des CS (gepaart mit einem UCS im Kontrast zu einem CS ohne Paarung) berichtet (fMRT: Birbaumer, Veit, Lotze, Erb, Hermann, Grodd, & Flor, 2005; Büchel, Morris, Dolan & Friston, 1998; LaBar, Gatenby, Gore, LeDoux & Phelps, 1998; PET: Hugdahl, Berardi, Thompson, Kosslyn, Macy, Baker, Alpert, & LeDoux, 1995; Doronbekov, Tokunaga, Ikejiri, Kazui, Hatta, Masaki, Ogino, Miyoshi, Oku, Nishikawa & Takeda, 2005). Mit Hilfe der Bildgebung konnte auch eine Beteiligung der Amygdala bei der präattentiven Wahrnehmung emotionsrelevanter Reize dargestellt werden. So wurde beispielsweise in einer PET-Studie gezeigt, dass subliminal dargebotene CS (Präsentationsdauer: 30 ms), welche mit einem aversiven UCS assoziiert wurden, zu stärkeren Amygdala-Aktivierungen führen, verglichen mit subliminal dargebotenen ungepaarten CS (Morris, Öhman & Dolan, 1998, 1999). Auch aus diesen Studien lässt sich schließen, dass die Initiierung emotionaler (defensiver) Reaktionen keinen bewusstseinspflichtigen Prozessen unterliegt. Darüber hinaus wurde in PET-Studien im Kontrast CS (Gesichtsbild gepaart mit einem UCS) – CS (Gesichtsbild ohne Paarung mit einem UCS) Aktivierungen im Pulvinar, im anterirorlateralen Thalamus, im basalen Vorderhirn und im Gyrus fusiformis festgestellt (Morris, Friston & Dolan, 1997). Mittels fMRT (bei vergleichbarem experimentellem Design) wurden zudem Mehraktivierungen im linken AGC, in der linken anterioren Insel und in rechtsseitigen motorischen Kortex-

arealen (SMA, Red Nukleus, Aktivierungen welche als Bereitschaft zur Ausführung defensiver Verhaltensweisen interpretiert wurden) im Kontrast gepaarter CS mit ungepaarten CS gefunden (Büchel et al., 1998).

2.3.1.2 Zentrale Strukturen der Wahrnehmung unkonditionierter Gefahrensignale

Distinkte Ereignisse, wie beispielsweise ein kurzer Lichtreiz, werden im Konditionierungsexperiment oftmals als CS eingesetzt (siehe Davis, 2004). Wird ein Lichtreiz jedoch längerfristig dargeboten, so stellt dieser Reiz für die Ratte selber eine Gefahrensituation dar. Der prolongierte Lichtreiz bewirkt eine Steigerung der Kortikoidkonzentration im Blutplasma (File & Peet, 1980), eine Reduzierung von physiologischer Mobilität (Walsh & Cummins, 1976), eine Reduzierung sozialer Interaktionen (File & Hyde, 1978) sowie ein aktives Aufsuchen einer weniger hellen Umgebung - ein Effekt, welcher durch angstlösende Psychopharmaka (Benzodiazepine) reduziert wird (Crawley, 1981). Zusammenfassend handelt es sich hierbei um Reaktionen, welche auch als unkonditionierte Defensivreaktionen bezeichnet werden (Davis, Walker & Lee, 1997)[9].

Wie Läsionsstudien an Ratten zeigten, wird die Ausführung einer unkonditionierten Defensivreaktion auf einen prolongierten Lichtreiz nicht durch den ZK vermittelt (Walker & Davis, 1997). Hingegen führt die Zerstörung des basolateralen Komplex (BLA) der Amygdala, welcher in den ZK projiziert, sowohl zu einer Unterbindung einer konditionierten Defensivreaktion (Lichtreiz als CS) als auch einer unkonditionierten Defensivreaktion (prolongierter Lichtreiz). Eine Zerstörung des BNST, welcher dichte Projektionen von ZK erhält, führt dazu, dass die konditionierte Reaktion auf den kurzen Lichtreiz bestehen bleibt, die Reaktion auf den prolongierten Lichtreiz wird hingegen unterdrückt (Campeau & Davis, 1995; Walker & Davis, 1997). Aus diesen Befunden wird geschlossen, dass konditionierte und unkonditionierte Gefahrenreize zunächst auf gemeinsamem Wege den BLK erreichen, nachfolgend ein konditionierter Reiz über den ZK, ein unkonditionierter Reiz jedoch den BNST erreicht (Campeau & Davis, 1995; Davis, 2004; Walker & Davis, 1997).

---

[9] Die Operationalisierung von konditioniertem und unkonditioniertem Reiz über die zeitliche Dauer des Lichtreizes birgt eine Konfundierung auf theoretischer Ebene: So lösen distinkte aversive Reize (Lichtblitz) klar abgrenzbare, kurzfristige Episoden defensiver Reaktionen hervor und werden auch als Furchtreaktionen bezeichnet. Längerfristige aversive Reize (z.B. prolongierter Lichtreiz) hingegen rufen ein weniger klar abgrenzbares defensives Reaktionssmuster hervor und werden als Angstreaktion bezeichnet (Grillon & Davis, 1995; McNaughton & Corr, 2004). In diesem Sinne könnten konditionierte Reaktionen auch als Furchtreaktionen, unkonditionierte Anpassungen hingegen als Angstreaktionen beschrieben werden (Davis et al., 1997; Lee & Davis, 1997a). In dieser Arbeit wird auf die konzeptuelle Unterscheidung zwischen Angst und Furcht nicht weiter eingegangen. Stattdessen werden Reaktionen auf aversive Reize als Defensivreaktionen beschrieben, welche erworbenen (konditionierten) oder genetisch prädestinierten (unkonditionierten) Charakter aufweisen.

Die intrazerebroventrikuläre (i.z.v) Applikation von Kortikotropin-Releasing-Faktor (CRF) ruft ein stereotypes Muster von Änderungen auf autonomer und motorsicher Ebene hervor, welche zusammenfassend als Stressreaktion beschrieben werden (siehe Dunn & Berridge, 1990). Zudem bewirkt die i.z.v. Applikation von CRF eine Potenzierung unkonditionierten Defensivverhaltens (Schreckreaktion auf einen aversiven akustischen Reiz). Sowohl Läsionen des BNST als auch des ventralen Hippokampus unterdrücken diese Potenzierung, eine Läsion des ZK hingegen hat auf die Potenzierung keinen Einfluss (Lee & Davis, 1997a, b). Diese Befunde deuten auf eine hohe funktionelle Übereinstimmung von Hippokampus und BNST bei der Initiierung unkonditionierter Defensivreaktionen hin (Davis et al. 1997). Zudem wurde gezeigt, dass eine Blockierung des BNST eine reduzierte Baseline der unkonditionierten Reaktion des Startle-Reflexes bewirkte, hingegen eine Blockierung der Amygdala keinen Einfluss auf die Baseline der Startle-Reaktion aufwies (Gewirtz, McNish & Davis, 1998).

Untersuchungen am Primaten lassen den Schluss zu, dass auch der ZK bei der Initiierung von defensiven Reaktionen infolge der Wahrnehmung biologisch bedeutsamer Reize beteiligt ist. So bewirkt eine Zerstörung des ZK beim Rhesusaffen eine deutliche Minderung defensiver Verhaltensweisen infolge der Wahrnehmung von Schlangen oder durch das 10-minütige Anstarren durch einen Menschen nach längerer sozialer Isolation (Kalin, Shelton & Davidson, 2004).

Der BNST weist mit dem ZK hohe Ähnlichkeiten in Hinblick auf seine Morphologie, Transmittersysteme und Konnektivität auf. Sie innervieren beide dieselben Strukturen zur Initiierung von Defensivreaktionen (Alheid, DeOlms & Beltramino, 1995; Davis, 2004) und stellen die Schlüsselstrukturen eines neuronalen Kontinuums dar, welches als „extended amygdala“ zusammengefasst wird (Alheid et al., 1995). Die „extended amygdala“ liegt innerhalb des basalen Vorderhirns und ist aufgeteilt in eine mediale Komponente (bestehend aus dem medialen Nukleus der Amygdala und dem medialen BNST) und eine zentrale Komponente (bestehend aus dem ZK und dem lateralen BNST). Die Amygdala und der BNST sind sowohl über die Substantia innominata als auch über die Stria terminalis reziprok miteinander verbunden (Amaral, Price, Pilkanen & Carmichael, 1992).

Wie bereits im Kapitel „Chemosensorik“ dargestellt, weisen Defensivreaktionen auf chemosensorische Reize von potentiellen Angreifern („Feindgeruch“) stereotypen Charakter auf und werden in dem Sinne ebenfalls als Reaktionen auf unkonditionierte Reize beschrieben (siehe Dielenberg & McGregor, 2001). Dabei gehören der BNST und der Hippokampus den Strukturen, über welche die besagten Defensivreaktionen auf „Feindgeruch“ vermittelt werden können. Im Kontext dieser Studien sowie der Befunde der in diesem Kapitel beschriebenen Läsionsstudien

kommen die Amygdala (BLK/ZK), der BNST sowie der Hippokampus als Strukturen in Frage, welche primär bei der Initiierung unkonditionierter Defensivreaktionen beteiligt sind.

2.3.2 Endokrine Adaptationen auf Gefahrensignale

Wie bereits erwähnt, werden emotionale Reaktionen durch Veränderungen endokriner Systeme begleitet, zu welchen die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHNA) sowie die Hypophysen-Gonaden-Achse (HGA) gezählt werden (Christiansen, 1998; 1999; Kirschbaum, & Hellhammer, 1999; Sapolsky, 1998). Endokrine Veränderungen infolge der Wahrnehmung externer Faktoren werden meist im Zusammenhang mit Stresskonzepten beschrieben (McEwan & Lasley, 2002; Pacak & Palkovits, 2001). Neben den emotionalen Reizen, welche im Kontext der Stresskonzepte als psychische Stresssoren bezeichnet werden, können unter anderem mangelnde Handlungskompetenz in sozialen Situationen (soziale Stressoren) oder körperliche Belastungen (physiologische Stressoren) Einfluss auf den Systemstatus nehmen (Pacak & Palkovits, 2001).

2.3.2.1 Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse

CRF gelangt aus dem paraventrikulären Hypothalamus über das Pfortadersystem in den Hypophysenvorderlappen und bindet dort an kortikotrophe Zellen. Durch diese Bindung kommt es lokal zu einer Ausschüttung von adrenokortikotrophem Hormon (ACTH) und β-Endorphin, welche von dort aus in den Blutkreislauf gelangen. Zielorte des ACTH sind unter anderem die Nebennierenrinde (NNR). In der NNR bindet das ACTH an spezifische Rezeptoren und induziert die Synthese und Sezernierung von Steroiden (Kirschbaum & Hellhammer, 1999). So bewirkt die Ausschüttung von ACTH unter anderem eine erhöhte Verfügbarkeit von Androgenen, insbesondere eine gesteigerte Konzentration von 16-Androstenen im Blut (Smals & Weusten, 1991). Neben weiteren Sexualhormonen werden in der Nebennierenrinde Mineralokortikoide und Glukokortikoide (mit den wichtigsten Vertretern Kortikosteron und Kortisol) produziert und sezerniert. Die Regulation der HHNA erfolgt neben nervaler und humoraler Mechanismen über negative Feedbackschleifen. Hierbei binden die aus der NNR freigesetzten Glukokortikoide an hypothalamische Steroidrezeptoren, wodurch eine Hemmung der Sekretion von ACTH bewirkt wird (Kirschbaum & Hellhammer, 1999).

HHNA und psychischer/sozialer Stress

Zustände wie Angst oder Furcht sind grundsätzlich durch eine Erhöhung der HHNA-Aktivität begleitet (siehe Erickson, Drevets & Schulkin, 2003). Dabei resultiert die Aktivierung nicht nur in der Bereitstellung von energetischen Reserven (Birbaumer & Schmidt, 2006), sondern ist, wie im Tierversuch deutlich wurde, maßgeblich an der Steuerung defensiver motorischer Reaktionen in Reaktion auf Furcht auslösende Reize beteiligt (Butler, Weiss, Stout & Nemeroff, 1990; Dunn & Berridge, 1990; Makino, Gold, & Schulkin, 1994a, b; Shepard, Barron, & Myers, 2000). Auch im Humanbereich konnte der Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung konditionierter Furchtreize und einer gesteigerten HHNA-Aktivität wiederholt festgestellt werden (Fredrikson, Sundin & Frankenhaeuser, 1985; Zorawski, Cook, Kuhn & LaBar, 2005). Darüber hinaus belegen zahlreiche Humanstudien, dass vor allem sozialer Stress mit einer deutlichen Aktivitätssteigerung der HHNA-Achse einher geht (Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Hierzu gehören Situationen wie z.B. die Zeit unmittelbar vor einer akademischen Prüfung (Lacey, Zaharia, Griffiths, Ravindran, Merali & Anisman, 2000), öffentliche Vorträge (Bassett, Marshall & Spillane, 1987) oder inszenierte Prüfungssituationen wie der „Trierer Sozialstress Test“ (Kirschbaum, Pirke & Hellhammer, 1993). Der „Trierer Sozialstress Test“ als Beispiel einer standardisierten Stressinduktionsmethode ist ein 20-minütiges Programm, bei dem der Proband vor Publikum kognitive Aufgaben zu bewältigen hat. Es hat sich gezeigt, dass der ACTH-Spiegel seinen Maximalwert mit Beendigung der inszenierten Prüfungssituation erreicht und danach wieder deutlich absinkt. Der Kortisolspiegel hingegen steigt noch weitere 15-20 Minuten und erreicht sein Maximum erst insgesamt 40 Minuten nach Beginn der Stresssituation (Kirschbaum & Hellhammer, 1999).

HHNA und physischer Stress

Physische Aktivität, sofern hierbei der Belastungsgrad eine metabolische Gegenreaktion erfordert, bewirkt eine Veränderung der HHNA-Aktivität. So zieht eine kurzfristige Belastung von unter 60-70% der maximalen Sauerstoffaufnahme nur eine geringe bis keine Freigabe von ACTH und Kortisol nach sich. Hingegen setzt ein deutlicher Anstieg des ACTH- und Kortisolspiegels ein, wenn die Intensität der kurzfristigen Belastung über einem Wert von 70% der maximalen Sauerstoffaufnahme liegt (Wittert, Stewart, Graves, Ellis, Evans, Wells, Donald & Espiner, 1991). Bei längerfristiger körperlicher Aktivität (z.B. dreistündige Arbeit auf einem Fahrradergometer bei 90 Watt) zeigte sich bereits bei einer Belastungsintensität von 50 – 60% der maximalen Sauerstoffaufnahme ein deutlicher Anstieg des ACTH- und Kortisolspiegels (Follenius, Candas, Bothorel & Brandenberger, 1989). Trainierte und untrainierte Personen zeigen vergleichbare ACTH- und Kortisoladaptationen, wenn die Belastung an der individuellen

maximalen Sauerstoffaufnahme relativiert wird (Luger, Deuster, Kyle, Gallucci, Montgomery, Gold, Loriaux & Chrousos, 1987). Der Anstieg von ACTH- und Kortisolwerten erfolgt kurz nach Belastungsbeginn, nimmt im Laufe der Belastung kontinuierlich weiter zu, um dann bereits wenige Minuten nach Belastungsende drastisch wieder abzufallen (Kirschbaum & Hellhammer, 1999).

HHNA und endogene Einflussgrößen

Der basale Kortisolspiegel im Blutserum weist eine erkennbare zirkadiane Rhythmik auf. So lässt sich bei Personen mit einem ungestörten Schlaf-Wach-Rhythmus morgens nach dem Erwachen die höchste Kortisolkonzentration im Serum nachweisen, welche im Laufe des Tages absinkt, um dann in der Nacht mit steigendem Anteil der REM-Schalfphasen wieder Richtung morgendlichem Maximalwert entgegen zu gehen (Born & Fehm, 1998; Knutsson, Dahlgren, Marcus, Rosberg, Bronnegard, Stierna & Albertsson-Wikland, 1997; Orth, 1992; Saito, Nishimura & Kato, 1989; Sensi, Capani, De Remigis, Guagnano, Casalini, D'Emilio, Muccicone, Nepa, Sensi & Vitullo, 1990). Untersuchungen zur Bestimmung geschlechtsspezifischer Kortisolbasiswerte kommen zu uneinheitlichen Schlüssen. Dieser Umstand ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der Kortisolspiegel in Ruhe maßgeblich durch Östrogen beeinflusst wird und dieser bei Frauen über den Menstruationszyklus hinweg deutlich variiert (siehe Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Hingegen wurde gezeigt, dass Männer auf soziale Stressoren (Rede vor Publikum) eine Erhöhung des Kortisolspiegels bis zu 400% aufwiesen, bei Frauen stieg der Kortisolspiegel nur um das Doppelte des Ausgangswertes an (Kirschbaum, Wüst & Hellhammer, 1992).

2.3.2.2 Hypophysen-Gonaden-Achse

Wie auch bei der HHNA stellt der Hypothalamus die oberste Organebene der Hypophysen-Gonaden-Achse (HGA) dar. Hier wird das luteinisierende Releasing-Hormon (LHRH) produziert, welches über spezielle Blutgefäße die Hypophyse erreicht. Im Hypophysenvorderlappen bewirkt LHRH die Produktion und Freisetzung des luteinisierenden Hormons Lutropin (LH) und des follikelstimulierenden Hormons Follitropin (FSH) in das Blut. Erreichen diese über die Blutbahn freigesetzten Hormone die Gonaden, so regen sie beim Mann in den Hoden die Spermatogenese und die Testosteronproduktion an (Christiansen, 1999). Bei der Frau haben FSH und LH maßgeblichen Einfluss auf das Wachstum und die Transformation des Folikels in den Ovarien und bewirken dort die Produktion von Testosteron (Birbaumer & Schmidt, 2006). Darüber hinaus regt LH sowohl beim Mann als auch bei der Frau die adrenergen Drüsen der Nebennieren-

rinde zur Testosteronproduktion an (Christiansen, 1999; Piltonen, Koivunen, Morin-Papunen, Ruokonen, Huhtaniemi & Tapanainen, 2002). In der Tier- wie Humanliteratur wird die Aktivität der HGA und insbesondere die Verfügbarkeit von Testosteron hauptsächlich mit der Steuerung aggressiven und sexuellen Verhaltens in Verbindung gebracht (siehe Brain & Haug, 1992; Christiansen, 1998; 1999, Monaghan & Glickman, 1992; Nelson, 2000). Beim Menschen zeigte sich, dass die Applikation von Testosteron bei Männern zu einer Steigerung sexuellen Verhaltens führt, wobei diese Effekte bei Männern mit einer pathologischen Gonadohypofunktion deutlicher ausfielen, verglichen mit gesunden Männern (O´Carroll & Bancroft, 1984; Snyder, Peachey, Berlin, Hannoush, Haddad, Dlewati, Santanna, Loh, Lenrow, Holmes, Kapoor, Atkinson. & Strom, 2000; Wang, Swerdloff, Iranmanesh, Dobs, Snyder, Cunningham, Matsumoto, Weber & Berman, 2000). Bei Frauen tritt vermehrtes sexuelles Verhalten zum Zeitpunkt der Ovulation auf. Es ist jedoch nicht klar, ob der zu diesem Zeitpunkt deutlich erhöhte Testosteronspiegel direkten Einfluss auf das sexuelle Verhalten nimmt oder indirekt über kognitive/sensorische Prozesse auf das Sexualverhalten einwirkt (Alexander & Sherwin, 1993; Davidson, Kwan & Greenleaf, 1982; Persky, Lief, Strauss, Miller & O'Brien, 1978). Aggressives Verhalten, wenn dieses mit einer Steigerung des sozialen Status einhergeht, zieht beim Menschen in den meisten Fällen einen erhöhten Testosteronlevel nach sich. Hingegen resultiert die Applikation von Testosteron in den meisten Fällen in einem gesteigerten aggressiven Verhalten (siehe Christiansen, 1999).

HGA und psychischer/sozialer Stress

Soziale Bewährungssituationen, wie z.B. eine wichtige akademische Prüfungssituation, beeinflussen den Testosteronspiegel, wobei die Veränderungen maßgeblich durch das Geschlecht bedingt sind: Während Männer in Erwartung einer Prüfungssituation im Vergleich zu einem Kontrolltag eine erniedrigte Testosteronkonzentration im Speichel aufwiesen, ließ sich bei Frauen eine erhöhte Speicheltestosteronkonzentration finden (Christiansen & Hars, 1995; Khaksari, Mahmoodi, Rezvani, Sajjadi, Karam & Hajizadeh, 2005). Beim Primaten (Pavian) konnte gezeigt werden, dass der soziale Rang des Männchens einen moderierenden Einfluss auf die Ausschüttung von Testosteron infolge einer Stressbelastung (infolge einer Anästhesie) hat. Subdominante Männchen reagierten nach der Stressbelastung mit sofortigem starken Testosteronabfall, während der Testosteronspiegel bei dominanten Männchen zunächst rasch anstieg und erst nach einer Stunde unter den Ausgangswert fiel (Sapolsky, 1998).

HGA und physischer Stress

Kurzfristige körperliche Belastungen (<30 min) führen zu einem Anstieg der Testosteronkonzentration (Horton, Pagliassotti, Hobbs & Hill, 1998; Linnamo, Pakarinen, Komi, Kraemer & Hakkinen, 2005; Shangold, Gatz & Thysen, 1981). Bei längerfristiger körperlicher Belastung (> 60 min) sinkt der Testosteronspiegel unter das Basisniveau, wobei die Regeneration des Testosteronspiegels in Abhängigkeit der Belastungsintensität und –dauer bis zu mehreren Tagen andauern kann (Elias & Wilson, 1993; Häkkinen & Pakarinen, 1993; Vasankari, Kujala, Heinonen & Huhtaniemi, 1993). Es ist jedoch zu beachten, dass eine körperliche Belastung bei Männern zu deutlichen Auslenkungen des Testosteronlevels führen, verglichen mit der Befundlage bei Frauen (siehe Hakkinen & Pakarinen, 1995; Kemmler, Wildt, Engelke, Pintag, Pavel, Bracher, Weineck & Kalender, 2003; Kraemer, Gordon, Fleck, Marchitelli, Mello, Dziados, Friedl, Harman, Maresh & Fry, 1991; Linnamo et al., 2005).

HGA und endogene Einflussgrößen

Die Testosteronkonzentration im Blut unterliegt neben starken intraindividuellen Unterschieden beim Mann auch einer deutlichen zirkadianen Rhythmik. So erreichen die Testosteron-Werte zur Zeit des morgendlichen Erwachens ihren Höchstwert und fallen im Laufe des Tages ab. Nachdem in den Abendstunden die Tiefstwerte erreicht sind, steigt der Testosteronspiegel wieder Richtung morgendlichem Maximalwert an (siehe Christiansen, 1999). Bei Frauen werden die Basistestosteronwerte durch den Menstruationszyklus mitbestimmt. So werden in der späten follikulären Phase die Höchstwerte von Plasmatestosteron gemessen, welche bis zum Ende der lutealen Phase kontinuierlich fallen, um dann zum Beginn der darauf folgenden follikulären Phase wieder anzusteigen (Massafra, De Felice, Agnusdei, Giola & Bagnoli, 1999).

2.3.3 Kommunikation sozial relevanter Reize über visuelle Kanäle

Darwin (1872, neu erschienen 2000) beschreibt den emotionalen Ausdruck als komplexes, angeborenes Signalsystem, welches der Kommunikation und Steuerung sozialer Prozesse bei Tieren und Menschen dient. Ein solches System ermöglicht es der sozialen Umwelt, Reaktionstendenzen eines Organismus auf ein Ereignis hin zu erschließen und kann somit den Interaktionsprozess maßgeblich beeinflussen (Scherer, 2003). Auch heute wird davon ausgegangen, dass die Kommunikation emotionaler Reaktionen auf der Grundlage relativ enger genetisch determinierter Prozesse abläuft, was sowohl die Fähigkeit des Sendens als auch des Empfangens emotionaler Reaktionen betrifft (siehe Dimberg, 1988). So lassen sich im interkulturellen Vergleich über-

einstimmend dieselben diskreten emotionalen Ausdrucksmuster wieder finden (Ekman, 1971). Neugeborene zeigen übereinstimmende differenzielle Ausdrucksmuster sowie auch taub-blind geborene Kinder spontan vergleichbare emotionale Ausdrucksmuster zeigen wie nicht behinderte Gleichaltrige (siehe Eibl-Eibesfeldt, 1995). Auf Signalempfängerseite lassen sich ebenfalls biologisch determinierte Reaktionsmuster auf die Wahrnehmung unterschiedlicher emotionaler Gesichtsausdrücke beobachten. So konnten beispielsweise Cacioppo und Petty (1981) zeigen, dass die Präsentation von Bildern mit Menschen in unterschiedlichen emotionalen Zuständen bei Wahrnehmenden solche EMG-Profile hervorriefen, die einem korrespondierenden emotionalen Gesichtsausdruck entsprechen. Darüber hinaus zeigte sich im Konditionierungsexperiement (CS: Fotographie mit einem emotionalen Gesichtsausdruck, UCS: E-Schock), dass ein Bild mit einem wütendem Gesicht als CS zu löschungsresitenteren CS-UCS-Assoziationen führte, verglichen mit Assoziationen, bei welcher der CS ein freudiges oder neutrales Gesicht darstellte (Öhman & Dimberg, 1978). Die Autoren vermuten, dass ein wütender Gesichtsausdruck im Sinne der seligman´schen Preparedness-Theorie (Seligman, 1970) einen biologisch bedeutsamen Reiz darstellt, welcher – genetisch determiniert – bevorzugt mit einer Defensivreaktion assoziiert wird.

Neuronale Strukturen der Wahrnehmung sozialer Reize

FMRT-Befunde machen deutlich, dass die Wahrnehmung visueller sozialer Signale wie beispielsweise Körperhaltungen, Gesichtsaudrücke oder Gesichtspartien, Mehraktivierungen eines neuronalen Netzwerkes hervorrufen, zu welchem der Gyrus fusiformis, der superiore/inferiore Sulcus temporalis, die Amygdala, der Somatosensorischen Kortex, der Präfrontalkortex sowie der Gyrus cingulum gezählt werden (siehe Adoplhs, 2001; Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000). Während der Gyrus fusiformis und der superiore/inferiore Sulcus temporalis zu den Strukturen gehören, welche an der emotionsunspezifischen Enkodierung visueller sozialer Reize beteiligt sind, so lassen sich Aktivierungen in der Amygdala, im Gyrus frontalis inferior und im Gyrus cinguli anterior vor allem bei der Enkodierung emotional negativer, sozialer Reize (Personen in geängstigter Körperhaltung, Furcht einflößende Gesichtsausdrücke, Starrende Augen) beobachten (de Gelder, Snyder, Greve, Gerard & Hadjikhani, 2004; Hadjikhani & de Gelder, 2003; Ishai, Pessoa, Bikle & Ungerleider, 2004; Kesler-West, Andersen, Smith, Avison, Davis, Kryscio & Bolder, 2001; Whalen, Kagan, Cook, Davis, Kim, Polis, McLaren, Somerville, McLean, Maxwell & Johnstone, 2004; Willams, Das, Liddell, Olivieri, Peduto, Brammer & Gordon, 2005; Vuilleumier, 2002). Wie in mehreren fMRT-Studien gezeigt wurde, ist die Amygdala-Aktivität nicht an die bewusste Wahrnehmung sozialer visueller Reize gebunden und kann bereits durch die subliminale Darbietung (< 35 ms) von geängstigten oder wütenden Gesichtern hervorgerufen

werden (Morris, Öhman & Dolan, 1998; 1999; Nomura, Ohira, Haneda, Iidaka, Sadato, Okada & Yonekura, 2004; Phillips, Williams, Heining, Herba, Russell, Andrew, Bullmore, Brammer, Williams, Morgan, Young & Gray, 2004; Whalen, Rauch, Etcoff, McInerney, Lee & Jenike, 1998). Interessanterweise zeigen Männer in Abhängigkeit des emotionalen Gehalts dargebotener Gesichtsausdrücke differenziertere neuronale Aktivierungen im Vergleich zu Frauen. So konnten Kesler-West und Mitarbeiter (2001) nur bei männlichen Probanden emotionsspezifische Aktivierungen zeigen, bei Frauen unterschieden sich die Aktivierungen, welche durch die Wahrnehmung wütender, gefürchteter, freudiger und trauriger Gesichter hervorgerufen wurden, hingegen nicht. Die Autoren vermuten, dass Männer bei der Wahrnehmung differentieller emotionaler Gesichtsausdrücke im Vergleich zu Frauen vermehrt neuronale Ressourcen rekrutieren müssen, was wiederum mit der Beobachtung konform geht, dass Frauen im Vergleich zu Männern bei der Bewertung emotionaler Gesichtsausdrücke bessere Leistungen zeigen (Hall & Matsumoto, 2004).

Wahrnehmung sozial relevanter Reize und Soziale Phobie

Entlang der oben bereits erwähnten „Preparedness"-Theorie (Seligman, 1970) können phylogenetisch relevante Reize wie Spinnen, Höhen, Unwetter usw. bevorzugt zu stereotypen, übermäßigen Defensivreaktionen führen, welche sich beim Menschen als Phobie etablieren können (Öhman & Mineka, 2001). In vielen Studien wurde gezeigt, dass phobisch besetztes (Bild-)Material im Vergleich zu Kontrollgruppen bei Patienten dazu führt, dass das Material bevorzugter und frühzeitiger wahrgenommen wird, zu gesteigerten autonomen Reaktionen (z.B. EDA, HZR) führt und dass auf dieses mit einer erhöhten Schreckreaktion reagiert wird (siehe Lang, Bradley & Cuthbert, 1998; Lang, Davis & Öhman, 2000). Eine spezielle Gruppe der Angststörungen stellt die Soziale Phobie dar, welche das DSM IV und das ICD 10 von einer Spezifischen Phobie trennt. Ein wichtiger Unterschied zwischen den Störungen besteht in der Zwangsläufigkeit, in phobisch besetzten Situationen panikartige Angstsymptome zu entwickeln. Während bei einer Spezifischen Phobie die Anwesenheit einer Begleitperson symptomlindernd sein kann, so besitzen bei Sozial-Phobikern praktisch jegliche sozialen Reize einen phobischen Charakter (nach DSM IV; Saß, Wittchen & Zaudig, 2001). Dabei bestehen zwischen den Störungen nicht nur diese klinisch, konzeptuellen Unterschiede, sondern es deuten neurophysiologische Studien auf differenzielle, zentralnervöse Wahrnehmungsprozesse hin. In bildgebenden Studien wird beschrieben, dass die phobisch besetzten Reize im Vergleich zu Kontrollreizen zu vermehrten Aktivierungen vor allem in präfrontalen Regionen und der Amygdala führen (siehe Cannistraro & Rauch, 2003; Davidson & Irwin, 1999). Cannistraro und Rauch (2003) präferieren jedoch ein

Modell, in welchem primär präfrontale Hirngebiete zusammen mit Somatosensorischen Kortexarealen an der Wahrnehmung spezifisch phobisch besetzter Reize beteiligt sind. Hingegen spielt die Amygdala in diesem Modell eine untergeordnete Rolle und wird nur über visuelle Kortexareale in die Wahrnehmung spezifisch phobischer Reize sekundär miteinbezogen. Bildgebende Studien bei Patienten mit einer Sozialen Phobie weisen hingegen übereinstimmend auf die Bedeutung subkortikaler Regionen, wie der Amygdala und den Hippokampus, bei der Wahrnehmung sozialer, d.h. phobischer Reize hin. So zeigten Birbaumer und Mitarbeiter mittels fMRT, dass Patienten mit einer Sozialen Phobie bei der Betrachtung neutraler Gesichter verstärkte Amygdala-Aktivierungen aufwiesen (Birbaumer, Grodd, Diedrich, Klose, Erb, Lotze, Schneider, Weiss & Flor, 1998). Weiter zeigten Schneider und Mitarbeiter in einer fMRT-Arbeit, dass die Darbietung von neutralen Gesichtern, welche mit einem UCS (übel riechende Hefe) gepaart wurden, bei Kontrollpersonen zu einer Deaktivierung sowohl der Amygdala als auch des Hippokampus führte, bei Sozial-Phobikern wiesen diese Bereiche während der Wahrnehmung des CS hingegen vermehrte Aktivität auf (Schneider, Weiss, Kessler, Muller-Gartner, Posse, Salloum, Grodd, Himmelmann, Gaebel & Birbaumer, 1999). Aktuelle bildgebende Studien zum Erfolg kognitiv-verhaltenstherapeutischer Interventionen unterstützen die Hypothese, dass subkortikale Regionen wie die Amygdala und der Hippokampus bei akuter Sozialer Phobie, jedoch weniger bei einer akuten Spezifischen Phobie eine Schlüsselrolle spielen. So zeigte sich, dass verhaltenstherapeutische Maßnahmen bei Sozialphobikern eine Reduzierung der Reaktivität von Amygdala und Hippokampus auf sozial relevante Reize bewirkten (Furmark, Tillfors, Marteinsdottir, Fischer, Pissiota, Langstrom & Fredrikson, 2002), hingegen konnten bei Patienten mit einer Spezifischen Phobie keine differentiellen subkortikalen Aktivierungen auf ursprünglich phobisch besetztes Material infolge einer therapeutischen Intervention beobachtet werden (Paquette, Levesque, Mensour, Leroux, Beaudoin, Bourgouin & Beauregard, 2003).

Zusammenfassend deuten die Befunde darauf hin, dass die Amygdala sowie der Hippokampus Strukturen darstellen, welchen eine entscheidende Rolle bei der Wahrnehmung sozial bedeutsamer Reize zugeschrieben werden muss.

Nachdem nun Befunde zur Wahrnehmung chemosensorischer Reize, zur chemosensorischen Kommunikation sozialer Prozesse sowie zur Verarbeitung emotional negativer Reize besprochen, wird im Folgenden auf eine chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen eingegangen.

2.4 Chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen

Bereits 1941 beschrieb von Frisch beim Fisch eine Vermittlung von „Schreckreaktionen“ über chemosensorische Botenstoffe, welche in der Fischhaut produziert werden. Von Frisch setzte Fische einem Extrakt aus, welches aus zerkleinerten Hautresten getöteter Artgenossen gewonnen wurde, worauf hin diese mit „Schreckreaktionen“ reagierten (z.B. fluchtartiges Verstecken). Von Frisch konstatierte: „Der chemisch wirksame Stoff – wir wollen ihn „Schreckstoff“ nennen – wird schon bei geringfügiger Verwundung einer Ellritze [eine im Sozialverbund lebende Fischart] in solcher Menge frei, dass man mit dem Wasser, in dem sich die verletzen Tiere aufgehalten haben, die gleiche Wirkung erzielen kann wie mit den verletzen Ellritzen selbst ... Die Schreckreaktion wird durch einen Schreckstoff ausgelöst, welcher aus der verletzten Haut der Ellritze frei wird […] Der Anblick einer toten Ellritze löst keinen Schreckreiz aus“ (von Frisch, 1941).

Heutzutage steht außer Frage, dass die chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen bei vielen Lebewesen eine zentrale Rolle bei der Arterhaltung spielt. Selbst Pflanzen informieren sich gegenseitig mittels Chemosignale über „Angriffe“ von Pflanzenfressern (siehe Dicke, Agrawal & Bruin, 2003; Dicke & Bruin, 2001). Neben zahlreichen Belegen aus dem Reich der Insekten (siehe Wyatt, 2003) ist die Existenz einer innerartlichen Kommunikation von Alarmzuständen auch beim Säugetier ein gut dokumentiertes Phänomen. Beim Menschen mehren sich die Hinweise, dass auch er über chemosensorische Kanäle psychischen Stress oder Angst kommuniziert. Bevor nun im Folgenden auf die Befunde einer chemosensorischen Kommunikation bei Nagetier und Menschen eingegangen wird, sollen zunächst solche Systeme dargestellt werden, welche an der Produktion chemosensorischer Alarmsignale beteiligt sein könnten.

2.4.1 Expression von chemosensorischen Alarmsignalen

Rottmann & Snowdon (1972) konnten keine Korrelation zwischen dem Urinieren/Fäkalieren eines gestressten Spenders und der Defensivreaktion des Chemoreiz-Empfängers feststellen. Auch wiesen Mackay-Sim & Laing (1981) darauf hin, dass das Blut gestresster Ratten nicht in der Lage ist, bei Artgenossen Defensivreaktionen auszulösen. Somit ist davon auszugehen, dass – wie bereits von von Frisch (1941) vermutete – das chemosensorische Alarmsignal durch Hautdrüsen sezerniert wird. Offenbar scheint jedoch die Wirkung von Alarmsignalen davon abzuhängen, an welchen Hautkörperstellen sie produziert werden: Chemosignale aus der Kopfgegend der Ratte bewirkten bei Artgenossen eine erhöhte motorische Aktivität, während Signale aus dem

Analbereich eine Anpassung autonomer Stressreaktionen induzierten (Kiyokawa, Kikusui, Takeuchi & Mori, 2004).

Einen positiven Zusammenhang zwischen der HHNA-Aktivität und der Produktion von chemosensorischen Alarmsignalen bei Ratten stellten Mackay-Sim & Laing (1981) fest. Ratten, welche elektrischen Fußschocks ausgesetzt wurden, zeigten hierdurch eine Steigerung des Kortikosteronspiegel im Blutplasma. Die Konzentration stieg umso mehr, je intensiver die Ratten gestresst wurden. Wurden nun Artgenossen dem Geruch dieser gestressten Ratten ausgesetzt, so zeigten die Signalempfänger hierauf eine gesteigerte motorische Aktivität. Auch hier, wie beim Kortikosteronplasmaspiegel, zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem zugefügten Stress und der Signalwirkung der Chemoreize: Je stärker das Spendertier gestresst wurde, desto größer war die motorische Unruhe des Signalempfängers.

Abel (1994) konnte zeigen, dass hypophysäres ACTH die Produktion und Sezernierung von chemosensorischen Alarmsignalen bedingt. Ratten, welchen die Hypophyse entfernt wurde, waren nicht mehr in der Lage, über Chemosignale ihren Stress zu kommunizieren. Erhielten diese Tiere jedoch ACTH injiziert, so konnte wieder eine Vermittlung des Stresses vom Spender auf den Empfänger beobachtet werden. Es ist jedoch nicht klar, ob ACTH selber oder über Effektororgane eine Produktion chemosensorischer Angstsignale anregt.

Wie kürzlich gezeigt wurde, besitzen die apokrinen Schweißdrüsen in der menschlichen Achsel steroid-sensitive Rezeptoren (Beier, Ginez & Schaller, 2005). Zudem gibt es in der Humanliteratur Hinweise darauf, dass eine Sekretion von Schweiß, welche nicht der Thermoregulation dient und mit emotionalen Prozessen in Verbindung gebracht wird, über den sympathischen Teil des autonomen Nervensystems reguliert wird. Insbesondere wird der Amygdala bei der Produktion des so genannten emotionalen Schwitzens eine entscheidende Rolle beigemessen (Asahina, Suzuki, Mori, Kanesaka & Hattori, 2003).

2.4.2 Chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen bei Nagetieren

Chemosensorische Alarmsignale rufen beim Nagetier Adaptationen auf behavioraler und autonomer Ebene hervor, wie im Folgenden dargestellt wird.

Anpassungen auf behavioraler Ebene

Müller-Velten (1966) lieferte bedeutende Hinweise für die Existenz einer chemosensorischen Vermittlung von Stresszuständen bei Säugetieren. Zunächst beobachtete er, dass Hausmäuse, welche den chemosensorischen Reizen ungestresster Artgenossen ausgesetzt sind, hierauf Annä-

herungsverhalten zeigten. Wurde hingegen das Spendertier durch Anpusten und Berührung in einen Stresszustand versetzt, sonderte es einen chemosensorischen Reiz ab, welcher von Artgenossen gemieden wurde.

In Science veröffentlichten 1968 Valenta und Rigby eine Arbeit, mit welcher er unter Anwendung eines Lernparadigmas zur Klassischen Konditionierung zeigen konnte, dass Ratten nicht nur chemosensorische Alarmsignale produzieren, sondern dass diese auch für Artgenossen als diskriminativer Hinweisreiz wahrnehmbar sind: Ratten erhielten nur dann nach Betätigen eines Hebels Nahrung, wenn gleichzeitig der Käfig mit den chemosensorischen Reizen eines nicht gestressten Artgenossen gefüllt wurde. Wurde der Käfig hingegen mit den chemosensorischen Reizen einer zuvor durch Elektroschocks gestressten Ratte belüftet, erhielt der Empfänger bei Drücken des Hebels anstelle der Nahrung Elektroschocks. Die Empfängertiere zeigten nun unter Einfluss des chemosensorischen Stressreizes verglichen mit dem Kontrollreiz eine signifikant längere Latenzzeit, bis sie mit dem Drücken des Hebels begannen.

Die Verhaltensmuster, welche durch chemosensorische Alarmsignale gestresster Artgenossen ausgelöst werden, erstrecken sich von gesteigerter motorischer Unruhe zusammen mit Explorationsverhalten (gesteigerte „Vigilanz“; Zalaquett & Thiessen; 1991) bis hin zu einem Freezing (Ganzkörperstarre als deutliche Defensivreaktion; Kikusui, Takigami, Takeuchi & Mori, 2001). Das Ausmaß des Stresserlebens der Spendertiere beeinflusste dabei die Stärke der Defensivreaktion auf der Empfängerseite (Mackay-Sim & Laing, 1981).

Bereits 1972 wiesen Rottman und Snowdon darauf hin, dass die soziale Erfahrung der Empfängertiere eine wichtige Komponente bei dieser Art der chemosensorischen Kommunikation darstellt. Mäuse, welche den chemosensorischen Reizen gestresster Artgenossen (schmerzhafte Injektion von Salzlösung) ausgesetzt wurden, hielten sich signifikant länger in dem Teil des Käfigs auf, der dem Reizeinlass am weitesten entfernt war. Diese Verhaltensänderungen waren aber nur bei den Mäusen zu beobachten, welche bis zum Zeitpunkt des Versuches in einem sozialen Gefüge aufwuchsen. Mäuse, welche bis zur dritten Woche noch in einem sozialen Umfeld, danach aber bis zur 12. Woche in sozialer Isolation aufwuchsen, zeigten bei der Darbietung des chemosensorischen Reizes einer gestressten Maus das zu erwartende defensive Verhalten nicht, sondern sie schienen diesen Geruch sogar zu präferieren: Sie hielten sich signifikant länger in der Nähe des Einlasses auf. Entgegen der Reaktionen auf der Verhaltensebene schien aber die soziale Deprivation keinen Einfluss auf die Expression der Alarmsignale gehabt zu haben. Es eigneten sich sozial deprivierte Mäuse sowie Mäuse, welche überdauernd in einem sozialen Gefüge aufwuchsen, als Spender von chemosensorischen Alarmsignalen.

Anpassungen auf autonomer Ebene

Die Darbietung chemosensorischer Alarmsignale von Nagetieren führen bei Artgenossen zu einer gesteigerten β-Endorphin-Ausschüttung, welche einerseits zu einer gesteigerten stressinduzierten Analgesie gegenüber schmerzhafter Formalin-Injektionen führt (bei Mäusen; Fanselow, 1985), andererseits kommt es zu Veränderungen des zellulären und humoralen Immunstatus (Cocke, Moyniham, Cohen, Grota & Ader, 1993): Als Reaktion auf chemosensorische Alarmsignale von gestressten Mäusen (Fußschock) zeigten Artgenossen eine reduzierte Produktion von Interleukin 2 (IL-2; Beteiligung an der spezifischen zellulären Abwehr). Weiter zeigte sich nach der Exposition mit chemosensorischen Alarmsignalen beim Empfänger eine Reduktion Natürlicher Killerzellen (Beteiligung an der unspezifischen zellulären Abwehr). Zudem regt das Alarmsignal eine gesteigerte Produktion von Immunoglobinen an (IgM & IgG; Beteiligung an der spezifischen humoralen Abwehr). Durch Blockierung von β-Endorphin Rezeptoren (mittels oral verabreichtem Naltrexon) ließen sich bei Mäusen sowohl die gesteigerte stressinduzierte Analgesie, als auch die durch die Alarmsignale induzierte veränderte Immunreaktion blockieren (Moyniham, Karp, Cohen & Ader, 2000).

Neben diesen opiat-vermittelten Veränderungen autonomer Prozesse bewirken chemosensorische Alarmsignale eine Steigerung der Körpertemperatur (bei Mäusen; Kikusui et al.; 2001). Die Autoren vermuten, dass diese stresstypische Reaktion (stressinduzierte Hyperthermia) durch eine stressinduzierte Ausschüttung von CRF bedingt ist.

Zusammenfassend weisen die Ergebnisse darauf hin, dass der Stress des Spendertiers über chemosensorische Signale zu Adaptationen auf motorischer und autonomer Ebene führt, welche wiederum als Stressreaktionen zu interpretieren sind. In diesem Sinne kann also darauf geschlossen werden, dass sich der Stress des Spenders über chemosensorische Kanäle auf den Empfänger überträgt.

2.4.3 Chemosensorische Kommunikation von Alarmzuständen bei Menschen

Chen & Haviland-Jones (2000) zeigten, dass Achselschweiß geängstigter Personen (induziert durch eine 13-minütige Angst induzierende Filmsequenz) andere geruchliche Eigenschaften besitzt, verglichen mit dem Achselschweiß derselben nicht geängstigten Personen (13-minütiger Frauen induzierender Filmausschnitt). In einem forced-choice Verfahren sollten männliche und weibliche Vpn die Schweißproben von Männern und Frauen sowie einer neutralen Geruchsbedingung (in Form von Watte als unbenutzter Geruchsträger) emotionalen Zuständen der Spender

zuordnen. Es zeigte sich, dass Frauen überzufällig häufig den „Freudegeruch“ von Frauen sowie den „Angstgeruch“ von Männern korrekt identifizierten. Männer erkannten hingegen überzufällig häufig den „Angstgeruch“ männlicher Spender. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass weniger der emotionale Inhalt der Schweißproben, als vielmehr die Intensität der Reize das Entscheidungsverhalten der Vpn beeinflusste. Da Intensität und Valenz olfaktorischer Reize häufig miteinander korreliert sind (Rouby & Bensafi, 1999; Zatorre & Jones-Gotmann, 2000), kann eine korrekte Identifizierung des „Angstschweißes“ möglicherweise auf ein höheres Erregungsmaß der Spender in der „Angstbedingung“ als in der „Freudebedingung“ und damit auf geruchintensives Material zurückgeführt werden. Es bleibt zudem fraglich, ob eine 13-minütige Zeitspanne für die Sammlung der Schweißproben ausreichend ist, um eine über das endokrine System vermittelte Produktion von chemosensorischen Alarmsignalen in „ausreichender“ Menge bewirkt zu haben (siehe auch Punkt 2.3.2).

Ackerl, Atzmüller und Grammer (2002) boten weiblichen Vpn Achselschweißproben weiblicher Spender dar, welche in einer Angstsituation (90-minütiger Horrorfilm) und in einer neutralen Bedingung (90-minütiger neutraler Film) Achselschweiß spendeten. Es zeigte sich, dass der Schweiß aus der Angstbedingung verglichen mit der neutralen Geruchsbedingung als unangenehmer bewertet wurde und eher mit der Spenderemotion „Aggression“ assoziiert wurde. Hingegen wurden die unterschiedlichen Reize gleichhäufig mit der Spenderemotion „Furcht“ assoziiert. Es ist nicht auszuschließen, das der berichtete unspezifische Valenz-Effekt ebenfalls auf einen Intensitäts-Effekt zurückzuführen ist, da der Reiz aus der Angstbedingung signifikant als intensiver eingeschätzt wurde, verglichen mit der neutralen Geruchsbedingung.

Aufgrund möglicher Konfundierung mit bewussten Bewertungsprozessen sind die Ergebnisse von Rating-Studien als Nachweis einer pheromonalen Kommunikation bei Menschen also mit gewisser Vorsicht zu interpretieren. Pause, Krauel, Sojka & Ferstl (1999) wiesen in einer CSEKP-Studie zudem auf einen differenziellen Zusammenhang zwischen subjektiver und präattentiver Wahrnehmungsebene bei der Bewertung chemosensorischen Materials aus der menschlichen Achselhöhle hin: Während auf subjektiver Ebene chemosensorisches Material aus der menschlichen Achsel kaum differenziert werden konnte, wurde körpereigenes Material gegenüber körperfremden bevorzugter verarbeitet (kürzere Latenzen und höhere Amplituden bei der Wahrnehmung körpereigenen gegenüber körperfremden chemosensorischen Materials).

In einer aktuellen Studie zeigten Chen, Katdare und Lucas (2006), dass chemosensorische Angstsignale im Vergleich zu einem menschlichen Kontrollreiz Einfluss auf kognitive Funktionen haben können. Sie sammelten Achselschweißproben auf Polyesterpads von Männern und Frauen, welche Furcht einflößendes und neutrales Videomaterial (jeweils 20-minütige Filmse-

quenzen) dargeboten bekamen. In einer Wortassoziationsaufgabe (nach der Darbietung zweier Wörter musste entschieden, ob diese inhaltlich miteinander verwandt sind) wurden die Schweißproben aus der Furcht induzierenden, der neutralen Spendebedingung oder unbenutzte Geruchsträger (Polyesterpad) weiblichen Vpn dargeboten. Es wurde gezeigt, dass im Vergleich zu den nicht-angstassoziierten Wörtern eine inhaltliche Passung eines Wortpaares besser erkannt wurde, wenn währenddessen der Angstschweiß dargeboten wurde. Auch wurde gezeigt, dass im Vergleich zur neutralen Spendebedingung unter Einfluss des Angstschweißes längere Reaktionszeiten bei solchen Trials beobachtet wurden, welche richtig beantwortet wurden. Die Tatsache, dass sich bei den Wahrnehmenden weder auf autonomer (HZR, EDA, Atemtätigkeit) noch auf subjektiv-verbaler Ebene (Intensität, Angenehmheit) differenzielle Reaktionen auf die Reize feststellen ließen, erklärten die Autoren mit dem hohen ressourceneinfordernden Charakter der kognitiven Aufgabe. Somit scheinen angstassoziierte, menschliche chemosensorische Reize beim Wahrnehmenden zu einer zeitintensiveren Elaborierung externer Reize zu führen, was in einer Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit resultieren kann.

Pause, Ohrt, Prehn und Ferstl (2004) konnten erstmals zeigen, dass chemosensorische Reize von in Angst versetzten Personen zu einer Beeinflussung menschlicher präattentiver Wahrnehmungsprozesse führen. Als chemosensorische Reize wurden Achselschweißproben von Männern eingesetzt, welche sich in einer sozial relevanten Angstsituation befunden haben (akademische, mündliche Zwischen- oder Abschlussprüfung: Angstsituation) und an einer erregenden nicht-Angstsituation teilnahmen (Ergometertraining: nicht-Angstsituation). In einem Priming-Paradigma (Prime: Bild eines Mannes mit emotionalen Gesichtsausdrücken: ängstlich, freudig & traurig; Target: neutraler Gesichtsausdruck desselben Mannes) ließen sie neutrale Gesichtsausdrücke (Target) bewerten, welchen kurzfristig ein emotionales Gesicht unterhalb der Wahrnehmungsschwelle (Prime) vorgeschaltet wurde. Die Darbietung des chemosensorischen Kontrollreizes (Sportschweiß) zeigte keinen Einfluss auf das Antwortverhalten: Die neutralen Gesichter wurden entsprechend der emotionalen Valenz der Primes bewertet (der Freude-Prime bewirkt eine positive Bewertung des neutralen Bildes, Angst- und Trauer-Primes bewirken eine negative Bewertung; Öhman, 2004). Unter Einfluss des Angstschweißes jedoch wurde das neutrale Gesicht, welchem ein positiver Prime vorausging (Freude), signifikant weniger als positiv bewertet als während der Wahrnehmung eines Kontrollreizes (Sportschweiß). Für keine der negativen Prime-Bedingung (Furcht, Trauer) ließ sich eine differenzielle Beeinflussung durch das chemosensorische Reizmaterial nachweisen. Eine durch das chemosensorische Angstsignal reduzierte positive Bewertung eines positiv geprimten neutralen Gesichts wurde nur bei Frauen, nicht jedoch bei Männern festgestellt. Es wurde vermutet, dass in uneindeutigen Wahrneh-

mungssituationen (positiver Prime & chemosensorisches Angstsignal) die chemosensorische Information bevorzugt verarbeitet wird.

In einer weiteren Studie zur Erfassung präattentiver Wahrnehmungsprozesse konnten Prehn, Ohrt, Sojka, Ferstl und Pause (2006) zeigen, das chemosensorische Angstsignale (Achselschweiß aus einer Prüfungssituation) im Vergleich zu einem nicht-Angstsignal (Achselschweiß aus einer Sportsituation; siehe auch Pause et al., 2004). zu einer Potenzierung des Startle-Reflex führte. Der Startle-Reflex ist ein psychophysiologisches Maß zur Erfassung präattentiver Annäherungstendenzen (in Form einer Reduzierung des Startle-Reflex) oder Vermeidungstendenzen (in Form einer Potenzierung des Startle-Reflex; siehe Bradley, Cuthbert & Lang, 1999; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990). Es ließ sich auf subjektiver Ebene kein korrespondierendes Antwortverhalten finden: Einschätzungen bezüglich der Intensität, Angenehmheit, Unangenehmheit und Bekanntheit unterschieden sich zwischen den Reizbedingungen nicht. Daraus kann geschlossen werden, dass sich über chemosensorische Kanäle der emotionale Zustand des Spenders auf den Empfänger überträgt, ohne dass dieser Prozess bewusstseinspflichtig ist.

Interessanterweise scheint die emotionale Bedeutsamkeit der chemosensorischen Angstsignale durch den endokrinen Status des Wahrnehmenden mit beeinflusst. So konnte kürzlich gezeigt werden, dass präpubertäre Mädchen eine stärkere Schreckreaktion auf chemosensorische Angstsignale zeigten als es bei erwachsenen Frauen beobachtet wurde. Hingegen ließen sich bei schwangeren Frauen sogar Annäherungstendenzen infolge der Wahrnehmung der Angstsignale beobachten (Ohrt, in Vorbereitung).

Aktuelle Daten weisen darauf hin, dass soziale Ängstlichkeit (als nicht-pathologische Neigung, in sozialen Situationen mit erhöhter Ängstlichkeit zu reagieren) die Reagibilität auf chemosensorische Angstsignale deutlich erhöht: So zeigte sich bei sozial ängstlichen Vpn infolge der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale (Achselschweiß aus einer Prüfungssituation) eine stärkere Potenzierung des Startle-Reflex gegenüber sozial nicht ängstlichen Vpn. Hingegen wurde beobachtet, dass das chemosensorische Reizmaterial keinen Einfluss auf die elektrodermale Hautleitfähigkeit (als psychophysiologisches Maß emotionaler Erregung; Boucsein; 1988) nahm (Adolph, Prehn, Orth, Laudien, Ferstl & Pause, 2007; Ohrt, Prehn, Sojka, Ferstl & Pause, 2005; Ohrt, Prehn, Laudien, Ferstl & Pause, 2005).

3 Fragestellung

In dieser Arbeit soll die zentralnervöse Wahrnehmung chemosensorischer Alarmsignale beim Menschen mit Hilfe der fMRT untersucht werden. Für die Untersuchung dieser chemosensorischen Wahrnehmungsprozesse ist der Einsatz eines MR-kompatiblen Olfaktometers erforderlich. Um zu überprüfen, ob das für die Untersuchung konzipierte Olfaktometer in der Lage ist, chemosensorische Reize zuverlässig darzubieten, soll zunächst in einem eigenständigen Versuchsabschnitt die Methode der Reizapplikation validiert werden.

3.1 Methodenvalidierung

3.1.1 Ableitung der Fragestellung

Unter Einsatz MR-kompatibler Olfaktometer kann mit Hilfe der fMRT die Beteiligung solcher Strukturen erfasst werden, welche an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize beteiligt sind. Die Validität der verwendeten Methode wird dann angenommen, wenn sich in einer eigenständigen Voruntersuchung mit Hilfe des MR-kompatiblem Olfaktometers unter ökonomischen Bedingungen gut dokumentierte Phänomene der Wahrnehmung olfaktorischer Reize replizieren lassen.

3.1.2 Präzisierung der Fragestellung

Die Validität der verwendeten Methode wird angenommen, wenn auf subjektiv-verbaler Ebene und auf der Ebene der Bildgebung folgende Ergebnisse erzielt werden:

Subjektiv-Verbale Ebene

Es wird erwartet, dass einem olfaktorischen Reiz in einer überschwelligen Konzentration intensivere geruchliche Eigenschaften zugeordnet werden als einem Kontrollreiz.

Ebene der funktionellen Bildgebung

Der Nachweis der Validität auf der Ebene der Bildgebung gilt als erbracht, wenn die Wahrnehmung eines olfaktorischen Reizes verglichen mit der Wahrnehmung eines Kontrollreizes vermehrte Aktivierungen in solchen Hirngebieten bewirkt, welche unter vergleichbaren Versuchsbedingungen bereits in der Literatur beschrieben wurden. Die Reize sollen in einem Event-Related-Design dargeboten werden und entlang expliziter Instruktionen inhaliert werden. Es wird erwartet, dass die Wahrnehmung des olfaktorischen Reizes zu vermehrten Aktivierungen im OFK, in der Amygdala, im PFK sowie in entorhinalen/hippokampalen Bereichen führt, da

bildgebende Studien eine Beteiligung dieser Strukturen an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize robust gezeigt haben.

Um zu überprüfen, ob die in der Methodenvalidierung eingesetzten/optimierten Parameter auch für die Darstellung von Effekten geeignet sind, welche durch die Wahrnehmung menschlicher Chemoreize ausgelöst werden, soll neben dem olfaktorischen Reiz auf explorativer Ebene auch ein menschlicher Chemoreiz dargeboten werden. Mögliche Effekte der Wahrnehmung menschlicher Chemoreize dienen der Hypothesengenerierung und tragen nicht zur Bestimmung der Methodenvalidität bei.

3.2 Hauptversuch

3.2.1 Ableitung der Fragestellung

Eine chemosensorische Vermittlung von Alarmzuständen bei Tieren ist mittlerweile ein gut dokumentiertes Phänomen. Dabei weisen die Reaktionen auf behavioraler und autonomer Ebene darauf hin, dass sich der Stress des Spenders auf den Empfänger überträgt. Mittlerweile mehren sich die Hinweise, dass auch der Mensch einen negativen Affekt wie Angst über chemosensorische Kanäle kommuniziert. Dabei deuteten die Daten darauf hin, dass eine Beteiligung bewusster Prozesse keine notwenige Voraussetzung für eine chemosensorische Kommunikation von Stress ist.

Eine Vielzahl von Untersuchungen an Tieren zur Wahrnehmung pheromonaler Botenstoffe verweist auf die Existenz eines speziellen pheromonalen Wahrnehmungssystems, welches jedoch beim Menschen in Frage gestellt wird. Es wird jedoch vorgeschlagen, dass beim Menschen das olfaktorische System die Aufgabe der Wahrnehmung pheromonaler Botenstoffe übernommen haben könnte. Da jedoch bislang die zentralnervöse Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen noch nicht untersucht wurde, gibt es nur indirekte Hinweise darauf, welche Strukturen an diesen Wahrnehmungsprozessen beteiligt sind. Mittlerweile wurden im Tiermodell die zentralen Strukturen zur Wahrnehmung konditionierter Furchtreize gut beschrieben, wobei Studien zur funktionellen Bildgebung sowie Patientenstudien gezeigt haben, dass sich diese Modelle auch auf den Menschen übertragen lassen. Auch gibt es Tiermodelle zur zentralnervösen Wahrnehmung unkonditionierter aversiver Reize sowie biologisch bedeutsame Chemosignale. Somit können Hypothesen darüber formuliert werden, welche Strukturen an der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen beteiligt sind.

Für die Untersuchung der zentralnervösen Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen sollen die Achselschweißproben von Männern und Frauen eingesetzt werden,

welche sich zum einen in einer hoch Angst auslösenden, sozial relevanten Situation und zum anderen in einer nicht angstbesetzten, jedoch gleichermaßen körperlich erregenden Spendesituation befunden haben. Der emotionale Zustand der Spender in den unterschiedlichen Spendesituationen soll mit Hilfe subjektiver Ratingverfahren sowie über endokrine Anpassungsvorgänge erfasst werden.

Es soll zunächst überprüft werden, ob sich eine chemosensorische Kommunikation mit Hilfe subjektiver Ratingverfahren abbilden lässt. Da jedoch die Befundlage dafür spricht, dass eine chemosensorische Kommunikation von Alarmsignalen nicht an bewusste Wahrnehmungsprozesse gebunden ist, werden hierzu keine spezifischen Hypothesen formuliert.

Für die Erfassung der BOLD-Aktivität während der Wahrnehmung der Chemoreize sollen diese in einem Event-Related-Design dargeboten werden. Hierbei sollen die Chemoreize aktiv und nach expliziter Instruktion inhaliert werden. Es wird vermutet, dass die chemosensorischen Angstsignale im Vergleich zu menschlichen Kontrollreizen solche Hirnstrukturen aktivieren, welche an der Initiierung von Verhaltensrückzug bzw. an der Wahrnehmung biologisch bedeutsamer Chemoreize beteiligt sind.

Es soll zudem untersucht werden, ob sich Männer und Frauen in ihrer Eigenschaft als Signalspender und Signalempfänger unterscheiden. Die Befundlage ist jedoch nicht eindeutig genug, um explizite geschlechtsspezifische Hypothesen zu formulieren. Aus diesen Gründen sollen mögliche Geschlechtseffekte auf der Seite der Spender und Wahrnehmenden ungerichtet überprüft werden.

Es ist nicht vorherzusagen, ob die Wahrnehmung des Angst- und des Sportschweißes tatsächlich zu unterschiedlichen BOLD-Reaktionen führt. Um Aussagen über solche Hirnstrukturen machen zu können, welche ungeachtet der Spendebedingung an der Wahrnehmung menschlicher chemosensorischer Reize beteiligt sind, soll für die menschlichen Chemoreize eine Kontrastbedingung eingeführt werden. Es werden jedoch keine weiteren expliziten Hypothesen darüber formuliert, welche Strukturen bei der Wahrnehmung der menschlichen Chemoreize grundsätzlich beteiligt sind.

Aufgrund einer möglichen Modulation der Reagibilität auf chemosensorische Alarmsignale durch die soziale Ängstlichkeit als Wahrnehmendeneigenschaft sollen nur sozial nichtängstliche Personen am Versuch teilnehmen.

3.2.2 Präzisierung der Fragestellung

Die unter Punkt 3.2.1 aufgeführten Fragestellungen werden wie folgt präzisiert:

Subjektiv-Verbale Ebene

Es werden keine spezifischen Hypothesen darüber formuliert, ob sich eine chemosensorische Vermittlung von Angst auf der Ebene der subjektiven Daten nachweisen lässt.

Ebene der funktionellen Bildgebung

Die Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale (Angstschweiß) bewirkt im Vergleich zur Wahrnehmung der menschlichen Kontrollreize (Sportschweiß) in solchen Hirngebieten vermehrte Aktivität, welche mit der Initiierung von Verhaltensrückzugstendenzen assoziiert sind. Hierzu werden die Amygdala, der BNST und der Hypothalamus gezählt. Zudem wird vermutet, dass die chemosensorischen Angstsignale im Vergleich zu den menschlichen Kontrollreizen eine vermehrte Aktivität im Hippokampus hervorrufen, da dieser mit der Wahrnehmung biologisch bedeutsamer Chemosignale in Verbindung gebracht wird.

Es werden keine einseitigen Hypothesen darüber formuliert, ob sich Männer und Frauen hinsichtlich ihrer Eigenschaften als Signalspender oder –empfänger unterscheiden.

4 Methodenvalidierung

4.1 Methode

4.1.1 Stichprobe der Versuchspersonen

Die Versuchspersonen für die Untersuchung zur Methodenvalidierung setzten sich aus weiblichen Studenten der Christian-Alberechts-Universität zu Kiel zusammen, welche über Aushänge (siehe Anhang Methodenvalidierung: Teilnehmeraufruf) rekrutiert wurden. Auf diese Aufrufe hin meldeten sich 19 Frauen zur Teilnahme an. Für die Teilnahme an dieser Voruntersuchung mussten folgende Eingangsvoraussetzungen[10] erfüllt sein:

a) Das Alter der Vpn wurde zwischen 18 und 40 Jahren festgesetzt.
b) Um kulturbedingte Effekte bei der Wahrnehmung von chemosensorischen Reizen ausschließen zu können, wurden nur solche Personen zum Versuch zugelassen, welche eigenen Angaben nach europäischer Abstammung sind.
c) Es wurden nur solche Personen als Teilnehmer akzeptiert, welche eigenen Angaben nach entweder Nichtraucher oder Gelegenheitsraucher sind. Als Gelegenheitsraucher wurden solche Personen definiert, welche eigenen Angaben nach weniger als 7 Zigaretten pro Woche rauchen.
d) Es wurden nur solche Personen zum Versuch zugelassen, welche rechtshändig sind. Eine Rechtshändigkeit wurde mit Hilfe der deutschsprachigen Adaptation des „Annett Handedness Questionnaire“ erfasst (Spreen & Strauss, 1991; siehe Punkt 4.1.2.3.1).
e) Eine Schwangerschaft oder ein unregelmäßiger Menstruationszyklus (akzeptiert wurden Zyklusschwankungen von ± 3 Tage der individuellen durchschnittlichen Dauer) führte zum Ausschluss von der Studie.
f) Eine chronische Erkrankung der Atemwege oder eine Erkrankung sonstiger neurologischer, hormoneller oder immunologischer Art führte zu Ausschluss.
g) Personen, welche eigenen Angaben nach regelmäßig systemisch wirkende Medikamente einnahmen, wurden vom Versuch ausgeschlossen.
h) Operationen oder Verletzungen am Kopf oder Schädel (z.B. Schädel-Hirn-Trauma, Gehirnerschütterung) oder im Nasenrachenraum (z.B. Nasenbeinbruch) führten zum Ausschluss.

[10] Aus Gründen der Vergleichbarkeit der Stichproben zwischen Vor- und Hauptstudie wurden die Eingangskriterien der Vorstudie an jene angepasst, welche auch für den Hauptversuch relevant sind.

i) Personen, bei welchen nach eigenen Angaben eine akute oder vergangene psychische Störung diagnostiziert wurde und aufgrund dessen mit Medikamenten behandelt wurde, wurden von dem Versuch ausgeschlossen. Eine erfolgreich abgeschlossene Psychotherapie wurde nicht als Ausschlusskriterium definiert, sofern hierbei keinerlei Psychopharmaka eingesetzt wurden.

j) Personen, welche an einer Panikstörung mit oder ohne Agoraphobie in der Vorgeschichte litten, oder eigenen Angaben nach vermehrte Angst empfinden, sich in beengten Räumen aufzuhalten sowie solche Personen, welche im Fragebogen zur Erfassung der Neigung während einer fMRT-Sitzung mit erhöhter Angst reagieren (MR-FSS; Lukins, Davan & Drummond, 1997; siehe Punkt 4.1.2.3.3) wurden nicht zur Studie zugelassen.

k) Eine chronische Einnahme von Drogen oder Alkohol führte zum Ausschluss.

l) Personen, welche eigenen Angaben nach eine deutlich veränderte Riechfähigkeit oder Geruchswahrnehmung aufweisen, wurden von der Teilnahme am Versuch ausgeschlossen.

m) Eine körperliche oder geistige Behinderung führte zum Ausschluss von der Studie.

n) Personen, welche sich als generell hoch ängstlich bzw. speziell in sozialen Situationen als ängstlich beschrieben, wurden vom Versuch ausgeschlossen[11].

o) Personen, bei welchen aufgrund von Metallteilen im oder am Körper nicht für deren körperliche Unversehrtheit während des Aufenthalts im Scanner garantiert werden konnte, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

p) Am Versuchstage sollten folgende Voraussetzungen erfüllt sein und wurden über einen Fragebogen („Geruchsfragebogen“) erfasst:

   1. Personen, welche weniger als vier Stunden in der Nacht vor dem Versuch geschlafen haben, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.
   2. Das Vorliegen einer akuten Erkrankung führte zu Ausschluss, wenn diese Einfluss auf die Konzentrationsfähigkeit oder Riechfähigkeit haben könnte (z.B. Kopfschmerzen, Fieber, Erkrankung der oberen Atemwege).
   3. Falls Medikamente am Tage vor dem Versuch oder am Versuchstage selber eingenommen wurden, so durften diese nicht verschreibungspflichtig sein.

[11] Dieses Kriterium ist für den Hauptversuch von Relevanz. Aus Gründen der Vergleichbarkeit zwischen Ergebnissen aus dem Versuch zur Methodenvalidierung und dem Hauptversuch wurde dieses Kriterium als Eingangsvoraussetzung hier mit eingeführt. Die Eigenschaft, in sozialen Situationen mit Ängstlichkeit zu reagieren, wurde mit Hilfe der deutschsprachigen Adaptation der „Social Interaction Anxiety Scale“ („SIAS“; siehe Punkt 4.1.2.3.2) erfasst.

4. Es wurde eine maximale Menge an Alkohol von 2 Litern Bier und 2 Gläsern Wein jedoch nicht der Konsum von Spirituosen am Vorabend des Versuchs akzeptiert. Am Versuchstage selber wurde kein Alkoholkonsum akzeptiert.
5. Es wurden nur solche Personen zum Versuch zugelassen, deren aktuelle olfaktorische Wahrnehmung nicht eingeschränkt ist. Eine Überprüfung der olfaktorischen Wahrnehmungsleistung erfolgte mit Hilfe eines Geruchsdetektionstests.

q) Das Erleben des Scanvorgangs als ein hoch Angst auslösendes Ereignis führte zum Ausschluss von der Untersuchung (erfasst mit einer Adaptation des STAI-G X1; siehe Punkt 4.1.2.3.3).

Aufgrund der Ausschlusskriterien wurden sechs der 19 potentiellen Kandidaten nicht zur Studie zugelassen. Die Tabelle 4-1 gibt eine Übersicht über den Ausschluss von Personen, welche die Eingangsvoraussetzungen nicht erfüllten. Von den verbliebenen 13 Personen wurden aufgrund von technischen Problemen die Daten von fünf Personen nicht ausgewertet. Zu diesen technischen Problemen gehörten einmal fehlerhaftes Computerzubehör, einmal eine Aufzeichnung der EPI-Bilder mit nicht einheitlicher Schichtdicke und dreimal eine defekte Scannerliege.

Tabelle 4-1: Übersicht über das Zutreffen von Ausschlusskriterien

Grund (Kriterium)	Anzahl der Personen, auf welche das Kriterium zutraf
Rauchen (c)	1
Keine eindeutige Rechthändigkeit (d)	1
Chronische Erkrankung der Atemwege (f)	1
Angst/Panik in engen Räumen (j)	2
Metall im oder am Körper (o)	1
Technische Probleme	5

Die Stichprobe der verbliebenen Versuchspersonen setzte sich aus acht rechtshändigen Frauen im Alter von 20 bis 39 Jahren (M = 27,25; SD = 6,3) zusammen (siehe Tabelle 4-2). Alle Vpn besaßen einen gehobenen Bildungsstand und erfüllten alle Eingangsvoraussetzungen (eine Übersicht über die Vpn-Daten ist der Tabelle 10-1 des Anhangs zu entnehmen).

Tabelle 4-2: Übersicht über quantitative Daten der Vpn

Variable	M	SD	Range
Alter	27,25	6,3	20 - 39
SIAS	11	4,1	6 - 16
MRI-FFS	0,05	0,12	0 – 0,33
STAI-X1 MR	37,5	3,2	34 - 44
Versuchsdauer in h, min	1,9	0,26	1,6 – 2,27

4.1.2 Material

4.1.2.1 Chemosensorisches Reizmaterial

PEA

Zur Überprüfung der Reizadministration soll ein olfaktorischer Reiz dargeboten werden, welcher standardmäßig in der Geruchsforschung eingesetzt wird. Zu den am häufigsten eingesetzten olfaktorischen Reizen gehören 2-Phenylethylalkohol und Vanillin. 2-Phenylethylalkohol wird hier gegenüber Vanillin bevorzugt, da sich 2-Phenylethylalkohol durch seine Leichtflüchtigkeit auszeichnet. 2-Phenylethylalkohol ist ein Duftstoff, dessen geruchliche Qualität mit „Rose“ beschrieben werden kann (Pause, 2004a).

In einem Mischungsverhältnis 1:100 wurden 0,01 ml 2-Phenylethanol in 0,99 ml 1,2-Propandiol verdünnt und auf ein halbiertes Wattepad („Maxi-Wattepads“ der Firma Lilibe Cosmetics) gegeben. Im weiteren Verlauf wird dieser olfaktorische Reiz vereinfacht als „PEA“ bezeichnet.

Körperschweiß

Um erste Hinweise auf die Wahrnehmung von menschlichem chemosensorischen Reizmaterial zu erlangen, wurden sowohl Reste chemosensorischen Reizmaterials aus vorangegangenen Experimenten eingesetzt, als auch Schweißproben verwendet, welche aufgrund bestimmter Restriktionen nicht im Hauptversuch eingesetzt werden sollten (s.u). Der Pool der Spender setzte sich somit aus zwei unterschiedlichen Stichproben zusammen. Die erste Stichprobe bestand aus 12 männlichen Spendern im Alter von 25,4 Jahre (SD = 4,7, Range = 20-38) (für Details siehe Pause et al., 2004). Die zweite Stichprobe bestand aus Achselschweißproben, deren Sammlung unter Punkt 5.2.1.1 in dieser Arbeit aufgeführt ist. In allen Fällen handelte es sich um Achselschweißproben von männlichen Studenten, welche sich unmittelbar vor einer wichtigen akademischen mündlichen Zwischen- oder Abschlussprüfung befunden haben. Die Achselschweißproben beider Stichproben wurden homogenisiert und in Portionen von jeweils 0,8 g abgewogen. Diese Gewichtsmenge war das Resultat eines Vorversuchs, bei welchem Proben zu 0,4 g, 0,6 g, 0,8 g und 1 g insgesamt drei Probanden (eine Frau, zwei Männer) mit Hilfe des MR-O (s.u.) dargeboten wurden. Ziel dieser Voruntersuchung war die Bestimmung eines Probengewichts, bei welchem die Schweißprobe von mindestens zwei Personen bewusst wahrgenommen wurde. Bei einem Gewicht von 0,8 g haben ein Mann und eine Frau die Achselschweißprobe detektieren können. Die in diesem Versuchsteil eingesetzte Probe wog 0,806 g.

Watte

Als Kontrastbedingung für die chemosensorischen Reize wurde der Geruchsträger in Form von unbenutzter Watte („Maxi-Wattepads“ der Firma Lilibe Cosmetics der Firma, Marke) verwendet. Das Probengewicht der Watte wurde dem der Körperschweißprobe mit 0,805 g angeglichen.

4.1.2.2 Visuelle Reize

Die verwendeten visuellen Reize werden nachfolgend entlang ihrer Funktion beschrieben:

Visuelle Ankündigung der Darbietung eines chemosensorischen Reizes

Als Ankündigung der Darbietung eines chemosensorischen Reizes erschien auf schwarzem Bildschirmhintergrund eine hellblaue, 2-dimensionale Kugel mit einem Radius von ca. einem viertel des Bildschirmdurchmessers (siehe Abbildung 4-1). In dieser Kugel befand sich zentral, gut sichtbar ein dunkelblauer Kreis (Innenkreis) mit einem Radius von ca. einem fünftel der gerade beschriebenen Kugel. Unmittelbar nach dem Erscheinen dieser Bildkonfiguration nahm der Radius der äußeren Kugel konzentrisch und stetig ab und näherte sich dem Durchmesser des Innenkreises an. Hierbei sollte der Eindruck entstehen, die Kugel schrumpfe auf die Größe des Innenkreises zusammen. Erreichte der Durchmesser der Kugel nach 2950 ms den Durchmesser des Innenkreises, so war die Ankündigung einer Darbietung eines chemosensorischen Reizes beendet. Diese Konfiguration sollte symbolisch den Charakter einer Ausatmung besitzen und wird weiterhin als „Visueller Countdown“ bezeichnet.



(A) **(B)**

Abbildung 4-1: Visuelle Inhalationsinstruktion
(A)Visuelle Ankündigung der Darbietung eines chemosensorischen Reizes
(B) Visueller Hinweis zur Einatmung des chemosensorischen Reizes

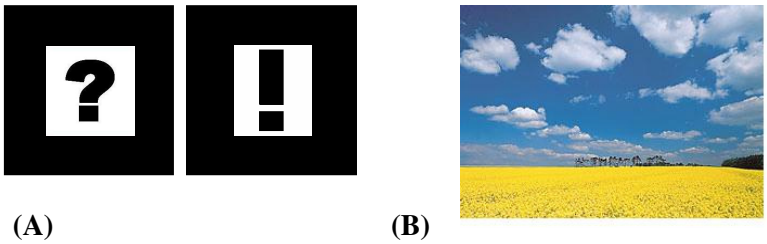
Visueller Hinweis zur Einatmung des chemosensorischen Reizes

Unmittelbar nach Beendigung der eben beschriebenen visuellen Konfiguration erschien auf schwarzem Hintergrund wieder eine hellblaue 2-dimensionale Kugel sowie ein dunkelblauer Kreis, jedoch mit im Vergleich zur oben beschriebenen Startkonfiguration nun in umgekehr-

ten Größenverhältnissen (siehe auch Abbildung 4-1): Die Kugel entsprach im Durchmesser dem eben beschriebenen Innenkreis und der Kreis entsprach im Durchmesser der eben erwähnten Kugel. Unmittelbar nach Erscheinung dieser Annordnung nahm der Radius der Kugel stetig und konzentrisch zu, sodass sich die innere Kugel hier nun aufzublähen schien. Nach wiederum 2950 ms erreichte die größer werdende Kugel den Radius des Außenkreises und der Hinweis zur Einatmung war beendet. Es folgte ein schwarzer Bildschirm. Diese Anordnung sollte symbolisch eine Inhalation darstellen und wird nachfolgend als „Inhalationsinstruktion“ bezeichnet.

Rückmeldung abgeben

Auf dem Bildschirm erschien nach jeder chemosensorischen Reizpräsentation ein Fragezeichen, welches aufforderte, mittels Mausklick Rückmeldung darüber zu geben, ob im Einatmungsintervall ein Geruch wahrgenommen wurde oder nicht. Das Reizfenster für eine Reaktion stand für 2750 ms offen. Wurde in dieser Zeit eine Rückmeldung gegeben, so verschwand das Fragezeichen unmittelbar mit der Reaktion. Wurde jedoch keine Rückmeldung abgegeben, so verschwand nach Ablauf der 2750 ms das Fragezeichen von selber und wurde durch ein Ausrufezeichen ersetzt, welches für 500 ms bestehen blieb. Über das Ausrufezeichen wurde der Versuchsperson mitgeteilt, dass kein Maustastendruck registriert wurde (siehe Abbildung 4-2).



(A) **(B)**

Abbildung 4-2: Visuelle Reize (A) Rückmeldung abgeben und (B) Entspannungsbild

Entspannungsbild

Während der Aufzeichnung der anatomischen Bilder (T1-Sequenzen) wurde über die gesamte Zeit eine Landschaftsfotografie in Vollbilddarstellung dargeboten, welche zur Entspannung der Versuchsperson beitragen sollte (siehe Abbildung 4-2). Da die anatomischen Bilder zu Beginn der Session aufgezeichnet wurden, sollte durch die Darbietung des Bildes eine Habituation an die räumlichen und akustischen Umstände der Scannprozedur unterstützt werden.

4.1.2.3 Fragebögen

Im Folgenden werden die im Versuch zur Methodenvalidierung eingesetzten Fragebögen beschrieben. Dem Anhang zur Methodenvalidierung ist das gesamte hier aufgeführte Material zu entnehmen.

4.1.2.3.1 Händigkeitsfragebogen

Der hier verwendete „Händigkeitsfragebogen“ ist eine deutschsprachige Adaption des „Hand Preference Test“ oder auch „Annett Handedness Questionnaire“ und diente als Maß zur Erfassung der Handpräferenz (Spreen & Strauss, 1991). Die Items 1-6 wurden aus dem Original übernommen, wobei ein weiteres Item (Item 7) hinzugefügt wurde, welches danach fragt, ob man jemals von „links“ nach „rechts“ umtrainiert wurde. Für die Items 1-6 stand ein vierstufiges bipolares, nicht äquidistantes Rating mit den Ausprägungen „immer links“, „meist links“, „meist rechts“ und „immer rechts“ zur Verfügung. Die Beantwortung des Items 7 erfolgte auf einer kategorialen Skala mit den Ausprägungen „ja“ und „nein“. Es wurden nur solche Personen zur Studie zugelassen, welche auf den Items 1-6 entweder „meist rechts“ oder „immer rechts“ als Antwort auswählten und auf dem Item 7 angaben, nicht umtrainiert worden zu sein.

4.1.2.3.2 SIAS

Die „Social Interaction and Anxiety Scale“ (SIAS) erfasst Angst in sozialen Interaktionssituationen und differenziert zwischen sozial phobischen und nicht-phobischen Personen (Stangier, Heidenreich, Berardi, Golbs & Hoyer, 1999). Die Skala umfasst 20 Aussagen, deren Zutreffen auf einer fünfstufigen Skala von 0 („überhaupt nicht“) bis 4 („sehr stark“) eingeschätzt werden. Potentielle Teilnehmer, welche auf dieser Skala einen Gesamtwert von einschließlich 16 oder höher erreichten, wurden von der Spende ausgeschlossen. Dieser Wert entspricht dem Mittelwert der Eichstichprobe + 0,6 SD (M = 12,5; SD = 5,7). Somit wurde für den Ausschluss von Personen, welche spezifisch in sozialen Interaktionen vermehrte Angst empfinden, ein konservatives Kriterium gewählt.

4.1.2.3.3 Fragebogen für die Vorhersage von Angst- oder Paniksymptomen während des Scans

Erfassung von Agoraphobie mit oder ohne Panikstörung in der Vorgeschichte

Um nur solche Personen zur Studie zuzulassen, welche nicht an einer Agoraphobie mit oder ohne Panikstörung in der Vorgeschichte litten, wurden die aus dem Strukturierten Klinischen Interview für DSM-IV Achse I (Wittchen, Wunderlich, Gruschwitz & Zaudig, 1997) zur Diagnose von Agoraphobie und Panikattacken vorgeschlagenen Screening-Fragen gestellt (Screening-Fragen F 30 und F1). Sobald eine der Fragen mit „ja“ beantwortet wurde, erfolgte der Ausschluss von der Studie.

Erfassung des Vorliegens einer Spezifischen Phobie mit Situativem Typus (nach DSM-IV)

Zur Abklärung, dass bei den Teilnehmern keine Spezifische Phobie mit Situativem Typus vorliegt, wurde nach Symptomen einer solchen Störung nach DSM IV (Saß et al., 2001) gefragt. Explizit wurde danach gefragt, ob eine Angst vorliege, sich in beengten Räumen, wie z.B. Fahrstühlen, Tunneln oder Ähnlichem, aufzuhalten. Wenn diese Frage mit „ja“ beantwortet wurde, erfolgte der Ausschluss von der Studie.

Magnet-Resonance-Fear Survey Schedule (MR-FSS)

Die hier verwendete Version des MR-FSS ist eine deutschsprachige Adaption des von Lukins, Davan & Drummond (1997) entwickelten Fragebogens zur Vorhersage von Angst und Panik während der Akquisition von MR-Bildern. Der Fragebogen besteht aus neun Items, welche aus der von Wolpe und Lang (1964) entwickelten „Fear Survey Schedule“ entnommen wurden. Hierbei handelte es sich um solche Items, welche sich als besonders valide in der Vorhersage von Angst und Panik im Scanner herausgestellt haben (Lunkins et al., 1997; Harris, Cumming & Menzies, 2004). Das Rating erfolgte über neun unipolare fünfstufige Skalen, auf welchen das Zutreffen von „Dinge oder Erfahrungen, welche Angst oder unangenehme Gefühle auslösen können“ eingeschätzt werden sollte. Ein Rating erfolgte über die Ausprägung „gar nicht“, „ein wenig“, „mittelmäßig“, „viel“ und „sehr viel“.

Es wurden nur solche Personen zur Studie zugelassen, welche insgesamt nicht mehr als drei Items mit mindestens „mittelmäßig“ beantworteten. Dieser Wert entsprach dem Mittelwert des Antwortverhaltens einer Kontrollgruppe von 35 ambulanten Patienten, welche nicht an MR-spezifischen Ängsten litten plus 1,5 Standardabweichungen (M = 10,7; SD = 16,5; die Werte entsprechen der absoluten Anzahl der Items in Prozent, welche mindestens mit „mittelmäßig“ beantwortet wurden; der Summenwert aus M und 1,5 SD von 35,45 besagt,

dass 35,45 % aller Items mit mehr als „mittelmäßig“ beantwortet wurden; bei 9 Items entspricht das einer absoluten Anzahl von 3,19 Items). Die Parameter Mittelwert und Standardabweichung wurden einer Untersuchung von Lunkins und Mitarbeitern (1997) zur Wirksamkeit von kognitiven Entspannungsübungen zur Reduktion von Angst und Panik während der Aufzeichnung von MR-Bildern entnommen.

4.1.2.3.4 MR-bezogene Version des State-Trait-Anxiety-Inventory Form X1

Bei der MR-bezogenen Version des STAI Form X1 handelt es sich um eine modifizierte Version des „State-Trait-Anxiety-Inventory Form X1“, welche zur Erfassung der aktuell erlebten Angst dient (Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger, 1981). Diese Skala besteht aus 20 Items in Form von Aussagen, für welche angegeben werden soll, inwieweit der momentan erlebte Zustand durch die Aussage treffend charakterisiert wird. Die Einschätzung erfolgt über ein vierstufiges, unipolares Rating mit den Abstufungen „fast nie“, „manchmal“, „oft“ bzw. „fast immer“. Da in der MR-bezogenen Version die Zustandsangst während des Scanvorgangs post hoc erfasst werden sollte, wurden zum einen die Instruktionen dahingehend geändert, dass nun das besagte Zeitintervall der fMRT-Messung bewertet werden sollte und zum anderen wurden die Items vom Präsens ins Perfekt übersetzt. Personen, welche eine Gesamtscore von über Wert 56,6 erreichten, wurden von der Studie ausgeschlossen. Dieser Wert entspricht dem Mittelwert (M = 39,7) + 1,5 Standardabweichungen (S = 11,3) der Normstichprobe.

4.1.2.3.5 MR-Sicherheitsfragebogen

Ferromagnetische Gegenstände im Scanner oder dessen Nähe stellen ein Gesundheitsrisiko dar. Mit Hilfe eines selbst konstruierten Fragebogens sollte angegeben werden, ob ferromagnetische Gegenstände im oder am Körper mit sich geführt werden. Die Fragebogenkonstruktion erfolgte auf Grundlage der von Shellock und Crues (2004) geforderten Sicherheitsstandards für MR-Untersuchungen.

4.1.2.3.6 Fragebögen zur Geruchsbeschreibung

Im Folgenden werden Fragebögen aufgeführt, an Hand welcher die chemosensorischen Reize und deren emotionale Komponente eingeschätzt werden sollten. Dabei handelt es sich ausnahmslos um Paper/Pencil-Versionen.

4.1.2.3.6.1 Qualitative Geruchsbeschreibung

Zur Bestimmung der Geruchsqualität wurden die von Henning (1924) vorgeschlagenen sechs Geruchsklassen vorgegeben. Dabei handelte es sich um die Klassen „blumig“, „brenzlig“, „würzig“, „faulig“ und „fruchtig“. Die Aufgabe bestand darin, aus den Kategorien diejenige auszuwählen, welche den aktuell vorgegebenen Geruch an besten beschreibt. Somit waren Mehrfachnennungen nicht möglich.

4.1.2.3.6.2 Quantitative Geruchsbeschreibung

Der Fragebogen zur quantitativen Geruchsbeschreibung bestand aus den vier Skalen „Intensität“, „Angenehm“, „Unangenehm“ und „Bekanntheit“. Dabei handelte es sich jeweils um unipolare neunstufige Skalen, auf denen von „0“ bis „8“ als diskrete Klassen ein vorgegebener chemosensorischer Reiz eingeschätzt werden sollte. Die „0“ entsprach der geringsten und die „8“ der höchsten möglichen Ausprägung. Die Pole der Skalen waren verbal verankert.

4.1.2.3.6.3 Emotionale Beschreibung

Im Folgenden werden zwei Fragebögen beschrieben, an Hand derer die Beeinflussung der eigenen emotionalen Befindlichkeit infolge der Wahrnehmung der chemosensorischen Reize erfasst wurde.

SAM

Das Self-Assessement Manikin („SAM“) ist ein von Lang (1980) entwickeltes sprachfreies graphisches Beurteilungsverfahren, welches die Ausprägungen des emotionalen Erlebens auf den drei Gefühlsdimensionen „Valenz“, „Arousal)“ und „Dominanz“ erfasst. Die Skala „Valenz“ stellt eine symmetrische bipolare Skala dar, während die Skalen „Arousal“ und Dominanz“ unipolaren Charakter besitzen. Jede der neunstufigen Skalen ist durch eine Bildfolge von fünf einfach gezeichneten Männchen realisiert, bei welcher sich über die fünf Ausprägungen hinweg für die Skala charakteristische Attribute verändern (ein Rating zwischen den Bildern ist möglich). Die Pole der jeweiligen Skalen wurden nach Bradley & Lang (1994) verbal verankert, um eine intuitive Beantwortung zu erleichtern.

Basisemotionen

Der selbstkonstruierte Fragebogen „Basisemotionen“ umfasste sechs unipolare, visuelle Analogskalen, die jeweils eine Emotionsklasse beschrieben. Als Emotionsklassen wurden die von

Ekman (1971) vorgeschlagenen diskreten Basisemotionen „Freude“, „Ärger“, „Traurigkeit“, „Angst“, „Überraschung“ und „Ekel“ gewählt. Die Skalen erhielten in ihren Extremen die verbalen Ausprägungen „trifft gar nicht zu“ bzw. „trifft völlig zu“. Auf jeder Skala sollte mittels eines senkrechten Strichs auf einer 10 cm langen Linie das aktuell erlebte Ausmaß der jeweiligen Emotion angegeben werden.

4.1.3 Apparatur

4.1.3.1 Chemosensorische Reizdarbietung: MR-kompatibles Olfaktometer

Da MR-kompatible Olfaktometer bislang noch nicht standardmäßig vertrieben werden, müssen diese Geräte im Eigenbau hergestellt werden. In der Literatur gibt es eine Vielzahl von Vorschlägen zur Konstruktion von computergesteuerten Olfaktometern (z.B. Lorig, Elmes, Zald & Pardo, 1999; Popp, Sommer, Müller & Hajak, 2004; De Wijk, Vaessen, Heidema & Köster, 1996; Sobel, Prabhakaran, Desmond, Glover, Sullivan & Gabrieli, 1997; Vigouroux, Bertrand, Farget, Plailly & Royet, 2005). Das für diese Arbeit erforderliche MR-kompatible Olfaktometer (MR-O) soll den von Lorig und Mitarbeitern (1999) geforderten Eigenschaften entsprechen:

1. Olfaktometerbauteile, welche in Scannernähe sind, sollen frei von ferromagnetischen Materialien sein, da diese sonst neben der Verursachung von Artefakten die Gesundheit des Probanden maßgeblich gefährden können.
2. Das MR-O soll in der Lage sein, mehrere chemosensorische Reize darbieten zu können. Konstruktionen, welche eine Parametrisierung der Reize ermöglichen (z.B. bei De Wijk et al., 1996), müssen für die vorliegende Untersuchung nicht berücksichtigt werden.
3. Die Reize sollten valide und reliabel dargeboten werden.
   Zur Gewährleistung größtmöglicher Validität und Reliabilität der Reizapplikation sollte bekannt sein (i) zu welchem Zeitpunkt die chemosensorische Reizapplikation beginnt (Latenz-onset); (ii) wie lange es dauert, bis der Reiz sich um sich vollständig aufgebaut hat (Anstiegsflanke); (iii) wie der Verlauf der Reizapplikation (Stimulusverlauf) ist und (iv) wie viel Zeit es braucht, bis der Reiz vollständig abgebaut wurde (Abstiegsflanke und Latenz-offset). Eine Bestimmung dieser Kennwerte kann durch einen Photoionisations-Detektor erfolgen (siehe De Wijk et al., 1996) oder über thermostatische Drucklufveränderungen erfasst werden. Weiterhin muss gewährleistet sein, dass im ISI kein chemosensorischer Reiz aus den Geruchskammern in das System diffundiert. Hierzu eignet sich

zum einen die bereits unter Punkt 2.1.2 und Abbildung 2-5 dargestellte „Cross-Current-Schaltung“. In Abbildung 4-3 wird eine weitere Möglichkeit zur Rückhaltung des chemosensorischen Reizes veranschaulicht.

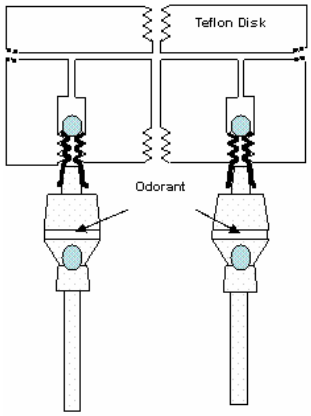


Abbildung 4-3: Rücklaufsicherung
Glaskugeln (grau), welche auf Schlauchausgängen sitzen, werden durch den Druck der zuströmenden Luft aus der Öffnung gedrückt und lassen die Luft Richtung Nase passieren. Zurückfließende Luft drückt die Glaskugeln auf den Ausgang, wodurch dieser blockiert wird und die Luft am Rücklauf gehindert wird (siehe Lorig et al., 1999)

4. Die Reizdarbietung sollte bei einem konstanten Luftstrom erfolgen.

   Eine Impulsschaltung chemosensorischer Reize kann von akustischen oder taktilen Reizen begleitet werden bzw. zur Reizung von Mechano- oder Thermorezeptoren führen. Aus diesem Grunde muss unabhängig der experimentellen Bedingung ein konstanter Luftstrom erzeugt werden. Hierfür eigenen sich das von Kobal vorgeschlagene Absaugungssystem (Kobal, 1985; 2003; siehe Abbildung 2-5), wofür jedoch der Einsatz von sowohl einer Druckluft- als auch Vakuumpumpe erforderlich ist. Ein Schaltsystem, welches mit nur einer Druckluftpumpe auskommt, jedoch ebenfalls einen konstanten Luftstrom erzeugt, ist in Abbildung 4-4 dargestellt. Bei dieser Schaltung wird zum einen ein konstanter Luftstrom zur Nase der Vp geführt („Constant Flow“: Trägerluft). Im Falle des ISI wird der Trägerluft eine bestimmte Menge an weiterer Reinluft („A“) beigemischt. Im Falle einer Stimulusdarbietung wird die zusätzlich Reinluft abgeschaltet, wobei nun Geruchsluft („B“) der Trägerluft beigemischt wird. Da Reinluft und Geruchsluft die gleichen Strömungsverhältnisse besitzen, ändert sich der Netto-Luftstrom nicht (Lorig et al., 1999).

5. Eine zeitlich präzise Schaltung der chemosensorischen Reize ist nur mit Hilfe computergesteuerter Magnetventile zu erreichen.
6. Bei der Konstruktion eines Olfaktometers ist darauf zu achten, dass nur solche Materialien verwendet werden, welche keinen eigenständigen Geruch besitzen oder durch den chemosensorischen Reiz kontaminiert werden.

   Somit sollte sich das zu verwendende Material auf Glas und Teflon reduzieren. Bei fMRT-Studien stellen hiervon in der Regel die Masken zur Reizapplikation eine Ausnahme dar. Diese bestehen meist aus Kunststoffverbänden, sind jedoch nach intensiver Reinigung vor und nach dem Gebrauch für den Einsatz geeignet (z.B. bei Popp et al., 2004; Vigouroux et al., 2005).
7. Lorig und Mitarbeiter (1999) weisen auf eine ökonomische Planung eines MR-O hin. So ist es zwar sinnvoll, bei hohen Luftstromverhältnissen, das Reizmaterial im angefeuchteten und erwärmten Zustand darzubieten (Kobal & Kettenmann, 2000; Sobel et al., 1997). Die Möglichkeit, das Reizmaterial erwärmt und angefeuchtet darzubieten, erfordert jedoch einen hohen technischen Aufwand. Lorig und Mitarbeiter (1999) machen darauf aufmerksam, dass die Anfeuchtung und Erwärmung nicht bei geringen Luftstromverhältnissen erforderlich ist.

Ein von Lorig und Mitarbeitern (1999) veröffentlichter Konstruktionsplan zum Bau eines MR-O´s, welches den oben aufgeführten Eigenschaften entspricht, ist in Abbildung 4-4 dargestellt (download unter: „http://psych.wlu.edu/cnl/olfactometer_construction.htm“). Dieser Plan diente als Grundlage zum Bau des für die vorliegende Untersuchung zu bauenden Olfaktometers, welches im Folgenden genauer beschrieben wird.

4.1.3.1.1 Konstruktion des MR-O

Der Aufbau des MR-O lässt sich in zwei Komponenten beschreiben: a) die Schaltungseinheit, welche sich im MR-Steuerraum befindet und b) das Aufbereitungsmodul, welches im Magnetraum nahe am Scanner platziert wird und die chemosensorischen Reize beinhaltet. Die Komponenten sind über Teflonschläuche miteinander verbunden. In der Abbildung 4-5 sind die einzelnen Komponenten des MR-O´s dargestellt. Der Abbildung 4-6 ist der Schalt- und Konstruktionsplan des MR-O zu entnehmen.

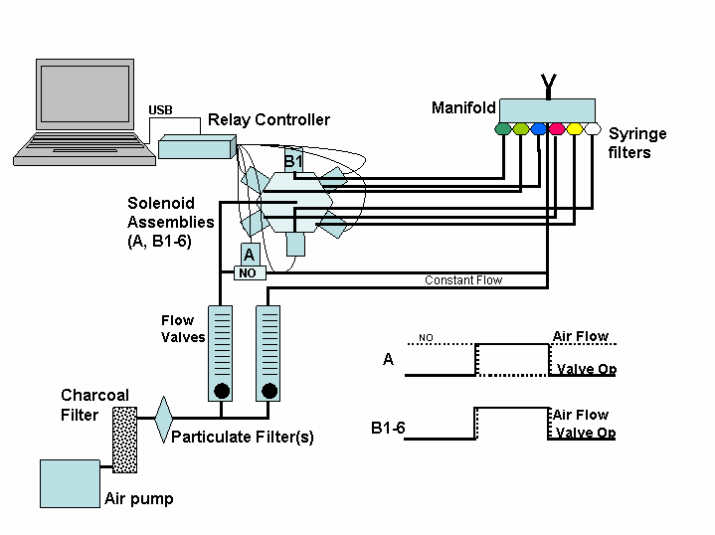


Abbildung 4-4: Olfaktometer-Konstruktionsplan nach Lorig und Mitarbeiter (1999)

4.1.3.1.1.1 Schaltungseinheit

Die Zufuhr von Luft in das MR-O erfolgt über eine Druckpumpe (Typ: N035 AN. 18, KNF Neuberger, Freiburg). Von dieser Pumpe wird die angesaugte Raumluft über einen Teflonschlauch [Außendurchmesser 8 mm, Innendurchmesser 6 mm (8/6 mm)] in die Schaltungseinheit gepumpt.

Zu Beginn der Schaltungseinheit steht ein Überdruckventil (SM165 41 der Firma Satorius GmbH), welches den Aufbau von zu hohen Druckverhältnissen im System verhindert. Von dort aus wird die Raumluft über einen Teflonschlauch (6/4 mm) in einen Aktivkohlefilter geleitet. Dieser Filter besteht aus einem handgefertigtem Glasrohr mit den Maßen 30 x 3,5 cm, gefüllt mit Aktivkohle (Art.-Nr.: 102514 der Firma Merck). Die Enden dieses Glasrohres sind zu Gewinden geformt, auf welche offene Schraubverschlusskappen (Art.-Nr. GL 45 der Firma Schott Duran) aufgeschraubt werden. In diesen Kappen befindet sich eine Öffnung mit einem Innendurchmesser von 3,5 cm, in welche ein Silikondichtring (Innendurchmesser 2,5 cm der Firma Schott Duran) eingelassen ist. Durch die Dichtung abgedichtet ist ein handgefertigter Glastrichter angebracht, an welchen jeweils der zu- und ableitende Teflonschlauch angebracht ist. Um zu verhindern, dass die Aktivkohle den Filter verlässt, wurden beide Enden mit jeweils einem Teefilter („Cilia“ der Firma Melitta) abgedichtet. Die gefilterte Luft gelangt in einen handgefertigten Y-Anschluss aus Glas, welcher die Luft in das Duftluft- bzw. in das Trägerluftsystem leitet. Im Folgenden werden von hier ab zunächst das Trägerluft- und anschließend das Duftluftsystem beschreiben.

Trägerluftsystem

Nach dem Y-Anschluss gelangt die Luft über einen Teflonschlauch (11 cm, 6/4 mm) in einen Flussmesser (Nr.: 881123.010103 der Firma ROTA) mit Hilfe dessen die Flussstromstärke der abgehenden Luft auf 17 ml/s (Lorig et al., 1999) geregelt wird. Über Teflonschlauch (1,5 m, 6/4 mm) verlässt die Trägerluft das Aufbereitungsmodul. Am Ende des abgehenden Teflonschlauchs befindet sich eine Schraubkupplung.

Duftluftsystem

Nach dem Y-Anschluss wird die gefilterte Luft über Teflonschlauch (11 cm, 6/4 mm) in einen Flussmesser (881123.010102 der Firma ROTA) geleitet. Von hier aus gelangt die Luft über Teflonschlauch (56 cm, 6/4 mm) in eine Steckverbindung, welche die Luftleitung in einen Silikonschlauch (4 cm, 4/2 mm) überführt. Dieser Silikonschlauch führt weiter in ein 2-Wege Magnetventil (Mirko Delta Valve, Modell: MMD3-D1 mit 0.30 PSI der Firma Flurocarbone), wodurch die Luft entweder als Luft im Stimulusintervall (SI-Luft) oder als Luft im Interstimulusintervall (ISI-Luft) weitergeleitet wird.

Im Falle der Darbietung von ISI-Luft verlässt die Luft über Silikonschlauch (4 cm, 4/2 mm) das Magnetventil und erreicht über eine Steckverbindung einen Teflonschlauch (1,5 m 6/4 mm), an dessen Ende sich ein Flussmesser (SHO-Rate der Firma Brooks Instruments) befindet. Dieser Flussmesser diente im Weiteren nur als Flussregler. Über Teflonschlauch (5,2 m, 6/4 mm mit Unterbrechung durch Schaubkupplungen nach 1,5 m, s.o.) erreicht die Interstimulusluft das Aufbereitungsmodul.

Im Falle der Darbietung von SI-Luft verlässt die Duftluft das 2-Wege-Ventil über Silikonschlauch (5 cm, 4/2 mm) und gelangt mittels Steckverbindung in einen Teflonschlauch (12 cm, 8/6 mm). Über diesen Schlauch erreicht die SI-Luft einen handgefertigten Glasverteiler mit 5 + 1 Ausgängen (zuzüglich des Eingangs). Fünf dieser Ausgänge sind über Teflonschläuche (17 – 45 cm, 6/8 mm), Steckverbindungen und Silikonschläuchen (4 cm, 4/2 mm) mit jeweils einem 2-Wege Magnetventil (s.o.) verbunden. Der zusätzliche Ausgang 6 wurde in der Konstruktionsphase zu Testzwecken benötigt und wurde für den eigentlichen Betrieb mit Hilfe eines manuellen 1-Wege Ventils stillgelegt (in der Konstruktionszeichnung nicht mit aufgeführt).

Jedes der fünf Magnetventile wurde durch Stilllegung eines Ausgangs zu einem 1-Wege Ventil umfunktioniert. Über Silikonschlauch (4 cm, 4/2 mm), Steckverbindung und Teflonschlauch (45 – 75 cm, 8/6 mm) verlässt die Luft ein jedes 1-Wege Ventil und erreicht

jeweils einen eigenen Flussmesser (SHO-Rate der Firma Brooks Instruments), welche hier in diesem Aufbau nur als Flussregler dienten. Über Teflonschlauch (5,2 m, 6/4 mm mit Unterbrechung durch Schaubkupplungen nach 1,5 m) erreicht die Stimulusluft das Aufbereitungsmodul.

4.1.3.1.1.2 Aufbereitungsmodul

Im Aufbereitungsmodul treffen das Träger- und das Duftluftsystem wieder aufeinander. Die Einheit, welche nach der Vereinigung des Träger- und Duftluftsystems liegt, wird hier als „Gemeinsame Endstrecke“ bezeichnet.

Trägerluftsystem

Über einen 5,2 m langen Teflonschlauch (6/4 mm) wird die Trägerluft aus der Schaltungseinheit mittels Schraubkupplungen in das Aufbereitungsmodul geleitet. Die Trägerluft gelangt am Aufbereitungsmodul über einen 90 cm langen Teflonschlauch (6/4 mm) in einen Glasverteiler mit einem Anschluss und sechs Ausgängen. Nach Verteilung der Trägerluft gelangt diese jeweils über ein kurzes Stück Teflonschlauch (2 cm, 6/4) in jeweils eine von 6 Rücklaufsicherungen[12] (Art.-Nr. 6451600, Hauptbestandteil: Polystyrol, der Firma JBL). Über Teflonschlauch (2 cm, 8/6 mm) ist jede Rücklaufsicherung mit einem handgefertigten Y-Anschluss aus Glas verbunden. Für die Beschreibung der weiterführenden Leitungen siehe Gemeinsame Endstrecke.

Duftluftsystem

Nachdem über einen 5,2 m langen Teflonschlauch (6/8 mm) und über Schraubkupplungen die Duftluft das Aufbereitungsmodul erreicht hat, wird die Luft nach den Schraubkupplungen weiter über Teflonschlauch (28 – 48 cm, 8/6 mm) in jeweils eine von 6 Geruchskammern geleitet. Bei den Geruchskammern handelt es sich um Laborglasflaschen mit offenen Schraubverschlusskappe und Glasstutzen (Artikel der Firma Schott Duran). Über Teflonschlauch (18- 38 cm, 8/6 mm) verlässt die Luft eine jeweilige Geruchskammer und gelangt in eine eigene Rücklaufsicherung (s.o.). Aus jeder Rücklaufsicherung wird die Luft über Teflon-

[12] Die Rücklaufsicherungen gewährleisten die Flussrichtung der durchgehenden Luft in vorgegebener Richtung (hier immer Richtung Maske). Bei einer Überprüfung der Rückhalteeigenschaften der Sicherungen wurden festgestellt, dass diese bei einer Simulation mit den hier in der Arbeit verwendeten Druckverhältnissen eine vernachlässigbare Wasserverdrängung zwischen 0,00 und 0,01 ml/s aufwiesen.

schlauch (2 cm 8/6 mm) in ein handgefertigtes Y-Anschluss aus Glas geleitet. Für die Beschreibung der weiterführenden Leitungen siehe Gemeinsame Endstrecke.

Gemeinsame Endstrecke

Die Trägerluft wird über die gläsernen Y-Anschlüssen jeweils einem der 6 Geruchskammerzuleitungen (Duftluft) beigemischt. Über Teflonschlauch (6 – 9 cm, 8/6 mm) wird das Luftgemisch in einen handgefertigten Glasverteiler mit sechs Eingängen und einem Ausgang geleitet. Über Teflonschlauch (6 cm, 8/6 mm) erreicht das Luftgemisch eine Schraubkupplung. An dieser Schraubkupplung wird entweder ein Teflonschlauch (2 m, 8/6 mm) zur Darbietung der chemosensorischen Reize oder ein Teflonschlauch (5,5 m, 8/6 mm) zur Messung der Luftstromverhältnisse angebracht. Die Rückführung der Mischluft dient der Kontrolle der Dichtigkeit des Systems. Über abweichende Werte zwischen dem Trägerluft-/Duftluftflussmesser und dem Kontrollflussmesser können Undichtigkeiten erkannt werden.

Die Darbietung der chemosensorischen Reize erfolgt über eine modifizierte Sauerstoffmaske (Octurno Medizintechnik, Art.-Nr. 1040). Es wurden hierbei ein Aluminiumbügel und ein Sauerstoffanschlussstutzen entfernt, sodass die eingesetzten Materialien nur aus Silikon (Maske) und Gummi (Gummizug zur Befestigung der Maske am Kopf) bestand. Bei einem Einsatz solcher Masken ist zu bedenken, dass diese nach dem Öffnen der Schutzfolie einen sehr starken Eigengeruch besitzen, welcher jedoch nach wochenlanger Lagerung in einem mit Frischluft belüfteten Raum und nach wiederholter Reinigung mit Alkohol sowie mehrfaches Abkochen mit bidestilliertem Wasser den Eigengeruch deutlich reduziert werden kann.

Der luftgemischzuführende Teflonschlauch (Gemeinsame Endstrecke) wurde in ein rechtwinkeliges Kunststoffknie geleitet. Von dort aus wurde der Teflonschlauch über einen am Knie befestigten Silikonschlauch (36 cm, 18/16 mm) zur Maske geführt. Knie und Silikonschlauch dienten der leichteren Positionierung und Fixierung des Teflonschlauches. Die Tabelle 4-3 bietet eine Übersicht über die Wegstrecken.

.

Tabelle 4-3: Übersicht über Längen (ca-Werte.; für die genauen Maße siehe Text)

Strecke	Längen
vom Kompressor zum Überdruckventil	2 m
vom Überdruckventil zu Flussmessern	1 m
vom Flussmesser zu den 1. Schraubkupplungen	1,5 m
von den 1. bis zu den 2. Schraubkupplungen	5,2 m
Anfang - Ende Aufbereitungsmodul	1,1 m
vom Aufbereitungsmodul zur Maske	2 m
Über alles	13 m

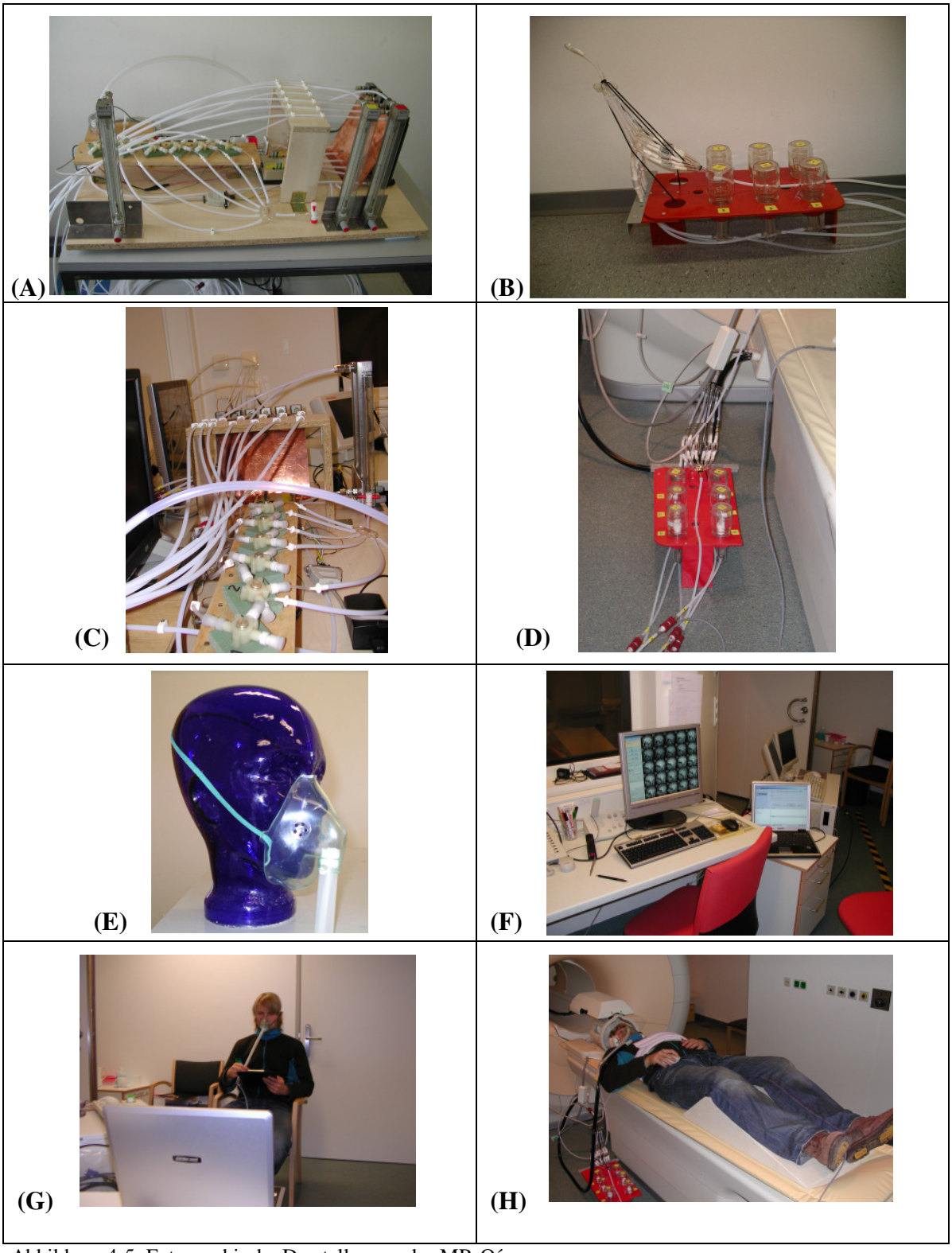


Abbildung 4-5: Fotographische Darstellungen des MR-O´s
(A) Steuereinheit
(B) Aufbereitungsmodul
(C) Steuereinheit im MR-Steuerraum
(D) Aufbereitungsmodul im Scannerraum
(E) modifizierte Sauerstoffmaske zur Darbietung der chemosensorischen Reize
(F) MR-Steuerrechner und Experiment-Steuerrechner
(G) Versuchsaufbau subjektive Beschreibung der Reize: Vp bearbeitet Fragebögen, nachdem sie über den Bildschirm die Instruktionen zur Inhalation und über das MR-O einen Chemoreiz dargeboten bekam
(H) Versuchsaufbau für den Scann: Vp blickt auf den Scannermonitor und betätigt Maustaste

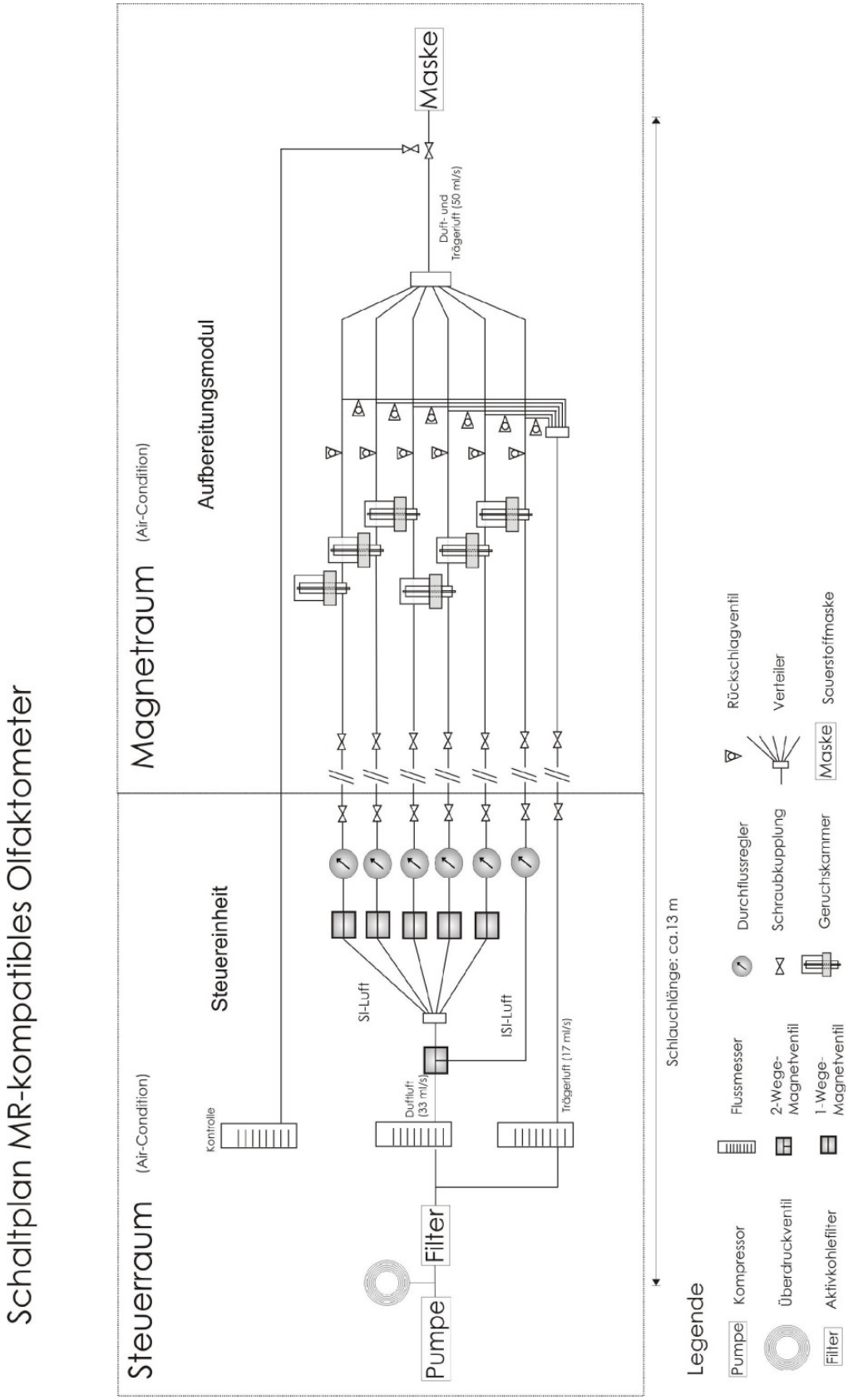


Abbildung 4-6: Schalt- und Konstruktionsplan des MR-O

4.1.3.1.2 Ventileigenschaften

Um die Voraussetzung einer reliablen Geruchsdarbietung zu erfüllen, müssen die Schalteigenschaften der verwendeten Magnetventile bekannt sein. Zu diesen Eigenschaften gehören Informationen über (i) die Stimulus-onset-Latenz, (ii) die Stimulusanstiegsflanke, (iii) den Stimulusverlauf, (iv) die Stimulus-offset-Latenz und (v) die Stimulusabstiegsflanke. Die Bestimmung der Kennwerte wurde über die Erfassung von Temperaturdifferenzen erreicht. Die Temperatur der Luft, welche an der Maske austrat, wurde mit Hilfe eines Thermofühlers gemessen. Die Signale wurden mit der Software „Brain-Vision Analyser“ (der Firma Brain Products GmbH) aufgezeichnet und ausgewertet. Erfasst wurden die Temperaturunterschiede bei realer Länge der Schlauchverbindungen, d.h. über die gesamte Distanz von 13 m.

Zunächst wurde bei konstant geschalteter Trägerluft (17 ml/s) alle 3,5 s Duftluft (33 ml/s) für jeweils 3,5 s geschaltet. Hierbei wurde sich der Umstand zunutze gemacht, dass Veränderungen der Menge an ausströmender Luft Auslenkungen des Thermofühlers bewirken (vgl. erstes Gesetz von Gay-Lissac für thermische Zustände). Dieser Vorgang wurde für die Ventile jeweils 40-mal wiederholt. Zur deskriptiven Darstellung der Ergebnisse wurde der Mittelwert aus allen Trials eines Ventils bestimmt. Die Ergebnisse der Mittelungen sind der Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 in den jeweils linken Spalten („Ventil X allein“) zu entnehmen. Der zeitliche Verlauf der Temperatur in Sekunden ist auf der Abszisse abgetragen. Dabei beschreibt der Zeitpunkt 0 den Moment, indem das jeweilige Stimulusventil angeschaltet und das Interstimulusventil ausgeschaltet wurde. Auf der Ordinate ist die gemessene Temperatur dargestellt. Eine Abkühlung der gemessenen Luft bewirkt eine Negativierung des Signals, welche nach oben abgetragen ist. Es ist zu erkennen, dass bei den Ventilen 1 – 6 ca. 0,2 - 0,4 s nach Stimulus-onset eine Erwärmung der Luft erfolgte. Ca. 1,2 – 1,4 s nach dem Onset hat sich der Stimulus nahezu vollständig aufgebaut, bleibt für ca. 2,5 – 2,8 s bestehen und beginnt dann nach ca. 3,7 – 4,3 s wieder abzufallen. Ein Zeitfenster für die Rückkehr der Temperatur zur Baseline lässt sich bei dieser Art der Messung nur für die Ventile 2 und 3 bestimmen (jeweils ca. 1,2 s). Die konstant erhöhte Temperatur während der Ventilschaltung spiegelt das gesteigerte Niveau der Flussstromstärke wider. Es lässt sich feststellen, dass unter diesen Versuchsbedingungen alle Ventile in einem Tolleranzbereich von 0,2 s gleiche Stimulus-Latenzen und dieselbe Stimulus-Rise-Time besitzen. Weiter zeigt sich bei den Stimulusventilen (Ventile 1-5), dass abzüglich der Stimulus-Latenz nach ca. 3,5 s das Signal verflacht, also tatsächlich auch für 3,5 s konstant vermehrte Luft in die Maske gelangte.

Für die endgültige Kennwertbestimmung wurden die Duftkammern der zu überprüfenden Stimulusventile mit Eiswürfel gefüllt. Bei konstant geschalteter Trägerluft (17 ml/s

ungekühlte Luft) wurde jedes Stimulusventil (33 ml/s gekühlte Luft) in insgesamt 40 Durchgängen für jeweils 3,5 s geschaltet. Im ISI von ebenfalls 3,5 s wurde das Interstimulusventil (33 ml/s ungekühlter Luft) geschaltet. Somit wurde unabhängig der Ventilschaltung ein konstanter Luftstrom von 50 ml/s erreicht, welcher sich jedoch in Abhängigkeit der Ventilschaltung in der Temperatur verändern sollte: bei Gabe von gekühlter Stimulusluft sollte es zu einer Abkühlung der gemessenen Luft kommen, während im ISI ein Rückgang der Abkühlung auf das Grundniveau erwartet wurde. Es ist in der Abbildung 4-7 bzw. Abbildung 4-8 zu erkennen, dass sich bei allen Stimulusventilen ca. 0,8 – 1 s nach Stimulus-onset die austretende Luft abkühlt. Die Abkühlung erreicht nach 0,4 bis 0,7 s ihr Maximum und bleibt bei allen Stimulusventilen für 2,7 bis 2,9 s bestehen. Die Rückkehr zur Baseline erfolgt zwischen 0,2 und 0,7 s.

Zusammenfassung

Bei konstanten Luftstromverhältnissen von 17 ml/s Trägerluft und 33 ml/s Duft-/ISI-Luft lassen sich über die Kennwerte der Stimulusventile folgende Aussagen machen: Die Stimulus-onset-Latenz beträgt 0,8 bis max. 1 s, die Stimulusanstiegsflanke beträgt 0,4 bis max. 0,7 s, der Stimulusverlauf bleibt konstant, die Stimulus-offset-Latenz beträgt für alle Stimulusventile 0,8 s bei einer Abstiegsflanke von 0,2 – 0,7 s. Somit beträgt die Zeit von der Schaltung bis hin zum vollständigen Aufbau eines chemosensorischen Stimulus des „schnellsten“ Ventils 1,3 s und des „langsamsten“ Ventils 1,7 s. Die Zeit von der Abschaltung eines Stimulusventils bis hin zum vollständigen Abbau eines chemosensorischen Stimulus dauert zwischen 1,1 und 1,5 s.

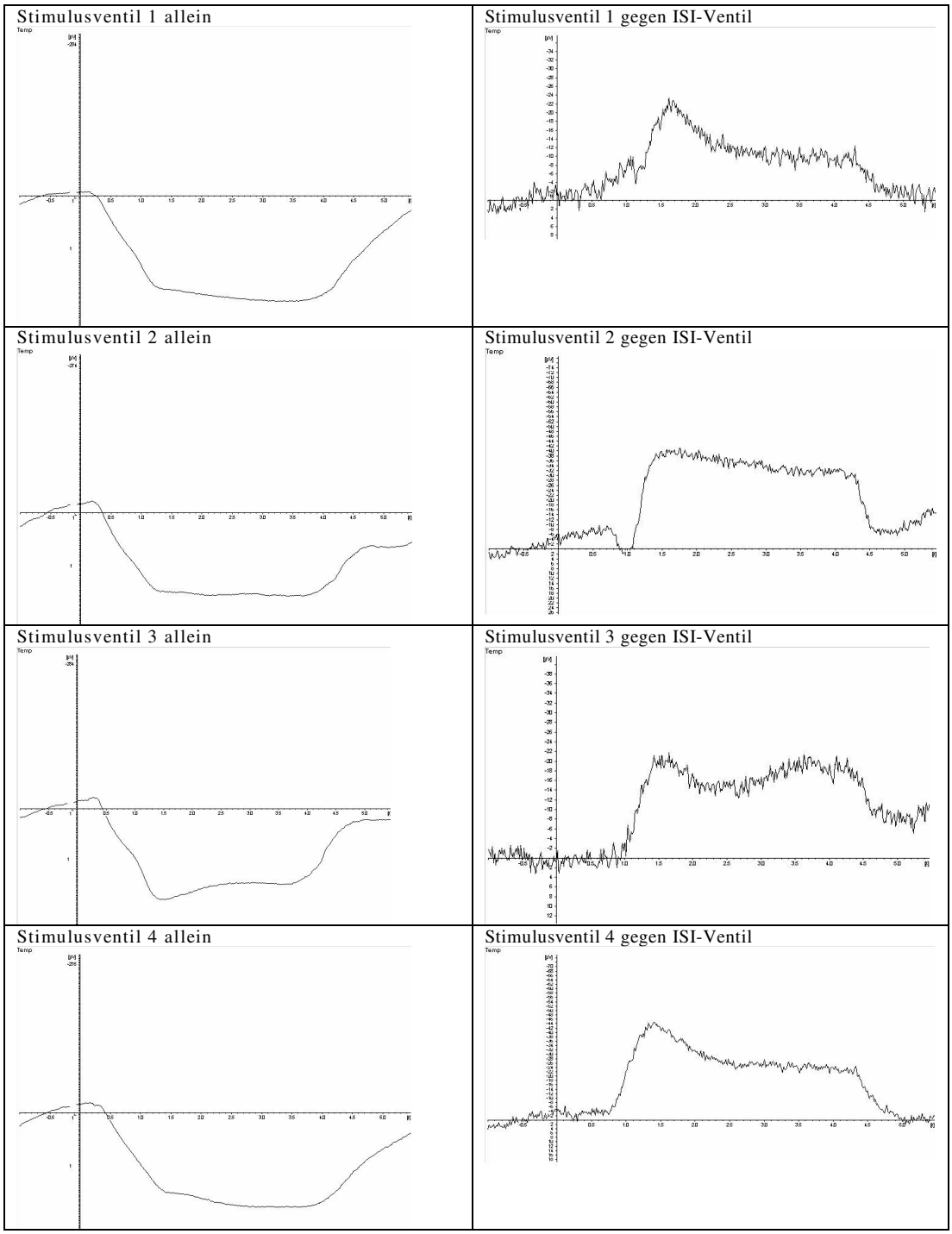


Abbildung 4-7: Eigenschaften der Stimulusventile 1-4; linke Spalte: thermostatische Veränderungen durch das Schalten eines Stimulusventils für 3,5 s; rechte Seite: thermostatische Veränderungen bei der Schaltung des Stimulusventils für 3,5 s mit gekühlter Luft und des Interstimulusventils (ungekült)

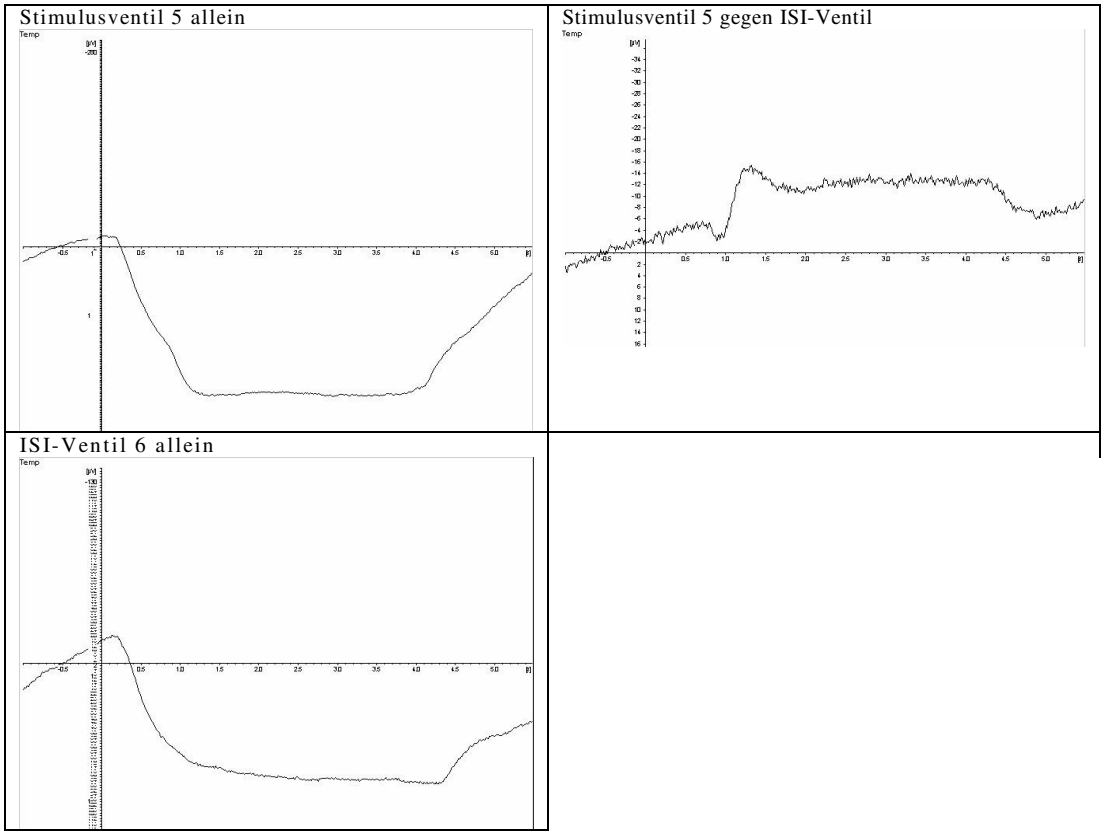


Abbildung 4-8: Eigenschaften des Stimulusventils 5 und des Interstimulusventils; linke Spalte: thermostatische Veränderungen durch das Schalten eines Stimulusventils für 3,5 s; rechte Seite: thermostatische Veränderungen bei der Schaltung des Stimulusventils für 3,5 s mit gekühlter Luft und des Interstimulusventils (ungekült)

4.1.3.2 Visuelle Reizdarbietung

Die Darbietung der visuellen Hinweise erfolgte über einen MR-kompatiblen Monitor, welcher an der Sense-Kopfspule befestigt wurde und über Glasfaserkabel mit dem Stimulationssystem IFIS-SA der Firma MRI Devices verbunden ist. Die Abbildung 4-9 zeigt ein Modell des in der Untersuchung verwendeten Philips 3T Intera Scanners sowie die zugehörige Sense-Kopfspule, auf welcher ein 7-Zoll Monitor angebracht wurde. Über einen 45° gewinkelten Spiegel blickt die Versuchsperson auf den Monitor, welcher in ca. 20 cm Entfernung zur Retina der Versuchsperson befestigt ist. Dabei werden bei einer Vollbilddarstellung ca. 70% des Gesichtfeldes abgedeckt.



(A) **(B)**

Abbildung 4-9: MRT (A) Philips Intera Achieva und (B) Sense-Kopfspule mit Monitor

4.1.3.3 Koordinierung der chemosensorischen und visuellen Reizdarbietung

Die Koordinierung der chemosensorischen und visuellen Reize erfolgte über die Software „Presentation“ in der Version 0.81, welches auf einem Notebook („Gericom Hummer“) mit einem 15 Zoll-Monitor installiert worden war. Diese computergestützte Koordinierung kam bei den Versuchsteilen“ Geruchsdetektion“, „Geruchsbeschreibung“ und „fMRT-Sitzung“ zum Einsatz.

Für die zeitliche Koordinierung zwischen Scanner und dem Programm „Presentation“ wurde in der Software eine Funktion in den Ablauf installiert, welche intern die Scann-Impulse mitzählt und nach Beendigung des siebten Impulses automatisch das nächste Trial startet. So wurde, nachdem sieben Impulse eingegangen sind, das Trial beendet und das nächste gestartet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Software nicht immer jeden Scanimpuls erkannt hat. Falls ein Impuls nicht erkannt wurde, verlängerte sich das Intertrialintervall (ITI) um eine TR und somit verschoben sich die Startzeiten aller nachfolgenden Ereignisse um eine TR nach hinten (die Dauer der Einzelereignisse blieb hiervon unberührt). Da nun aber in lediglich 1,5 % der Fälle ein Impuls nicht erkannt wurde und sich das Problem auch mit externen Schaltungen zur Verlängerung der Scanner-Impulse nicht lösen ließ, wurden diese kleineren Verzögerungen im Ablauf des Experiments in Kauf genommen. Somit mussten für die Bestimmung der Zeitparameter die tatsächlichen Werte aus den Log-Files herangezogen werden und konnten nicht theoretisch errechnet werden.

4.1.3.4 MR-Scanner

Bei dem verwendeten MR-Scanner handelt es sich um einen Philips Intera Achieva mit einem 3.0 Tesla Magnetfeld, einem Quasar Dual Gradienten und einer Sense-Head-8 Kopfspule. Zur Steuerung und Aufzeichnung wurde die Phillips entwickelte Software R. 1.2.1.2 verwendet.

4.1.4 Design

4.1.4.1 Unabhängige Variable

Die Kontraste der chemosensorischen Reize „PEA“ vs. „Watte“ und auf explorativer Ebene die Kontraste „Schweiß“ vs. „Watte“ bildeten die Stufen der UV „Chemosensorischer Reiz“. Eine Überführung der Reize „PEA“ und „Schweiß“ in ein gemeinsames varianzanalytisches Design erscheint nicht sinnvoll, da über einen direkten Vergleich der chemosensorischen Reize „PEA“ und „Schweiß“ keine Aussagen über die Validität der Administration zu erwarten sind. Die chemosensorischen Reize werden in einem Event-Related Design dargeboten.

4.1.4.2 Abhängige Variable

4.1.4.2.1 Detektierbarkeit der chemosensorischen Reize

In zwei Detektionsverfahren sollen Informationen über die Wahrnehmbarkeit der Reize erhoben werden. Zum einen sollen in einem Geruchsdetektionstest die Detektierbarkeit der chemosensorischen Reize „PEA“ und „Schweiß“ erfasst werden, wobei eine erfolgreiche Detektion von „PEA“ als Eingangsvoraussetzung festgesetzt wurde. Eine genaue Beschreibung dieses Detektionstests ist unter Punkt 4.1.5.1 dargestellt. Um Aussagen über die Wahrnehmbarkeit der chemosensorischen Reize im Verlaufe des Experiments treffen zu können, soll nach jeder Reizdarbietung eine Rückmeldung mittels MR-kompatibler Computermaus erfasst werden, ob ein Geruch wahrgenommen wurde oder nicht (Detektionsrate während des Scanvorgangs). Hierzu sollte mit dem Zeigefinger auf die linke Maustaste gedrückt werden, wenn ein Geruch wahrgenommen wurde. Wurde hingegen kein Geruch wahrgenommen, so sollte mit dem Mittelfinger auf die rechte Maustaste gedrückt werden.

4.1.4.2.2 Subjektive Beschreibung der chemosensorischen Reize

Mittels Zuordnung der Reize zu vorgegebenen Geruchskategorien soll die vorherrschende Geruchsqualität erfasst werden (Fragebogen zur qualitativen Geruchsbeschreibung). Weiterhin sollen quantifizierbare Eigenschaften wie Intensität, Angenehmheit, Unangenehmheit und Bekanntheit der Reize erfasst werden (Fragebogen zur quantitativen Geruchsbeschreibung). Außerdem sollen subjektiv-verbale Einschätzungen über den emotionalen Einfluss der chemosensorischen Reize erhoben werden (Fragebögen zur emotionalen Geruchsbeschreibung).

4.1.4.2.3 Erfassung der Hirnaktivität während der Darbietung der chemosensorischen Reize

Auf psychophysiologischer Ebene soll das BOLD–Signal erhoben werden, währenddessen die chemosensorischen Reize instruiert inhaliert werden.

4.1.4.3 Kontrollvariablen

4.1.4.3.1 Geruchsdetektionstest

Mit Hilfe des Geruchsdetektionstests – einem „three-alternative forced-choice“ Test – sollte gewährleistet sein, dass nur solche Vpn am Versuch teilnehmen, welche den olfaktorischen Standardreiz mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5% detektieren können (Eingangsvoraussetzung p-6; eine genaue Beschreibung des Detektionstests findet sich unter Punkt 4.1.5.1). Alle Vpn konnten „PEA“ erfolgreich detektieren, sodass hiermit alle Eingangkriterien auch für alle Vpn erfüllt waren.

4.1.4.3.2 Einhaltung der Inhalationsinstruktion

Mit Hilfe eines MR-kompatiblen Atemgurtes der Firma Philips wurde über Monitor online im Kontrollraum die Atemtätigkeit der Vpn während der funktionellen Messung überwacht. Da der Verlauf der Atemkurve nicht aufgezeichnet und nicht offline ausgewertet werden konnte, so wurde online kontinuierlich die Atemkurve im vorgegebenen Einatmungsintervall beobachtet. Das Kriterium einer Einatmung galt als erfüllt, wenn sich während der instruierten Inhalation ein deutlich sichtbarer Anstieg der Atemkurve (als Resultat der Dehnung des Atemgurts) erkennen ließ. Falls eine solche identifizierbare Dehnung des Atemgurtes im vorgegebenen Einatmungsintervall ausblieb, wurde dies auf einem Protokoll (siehe Anhang Methodenvalidierung: Atmungsprotokoll) vermerkt. Blieben reliable Atmungshinweise innerhalb der ersten acht Trials eines Runs in mehr als 50% der Fälle aus, so wurde der Versuch unterbrochen, die Vp erneut instruiert, der Atemgurt neu positioniert und der Durchgang neu gestartet. So wurde insgesamt bei lediglich weniger als 1% aller Reizdarbietungen keine identifizierbare Einatmung festgestellt.

4.1.4.3.3 Erfassung der Angst während des Scanvorgangs

In die Auswertung der funktionellen Bilder sollen die Daten von nur solchen Vpn einfließen, welche den Scanvorgang selber nicht im hohen Maß als beängstigend erlebten (Eingangsvor-

aussetzung q). Bei starker emotionaler Belastung seitens der Vpn durch die Versuchsprozedur muss davon ausgegangen werden, dass eine emotionale Beeinflussung, wie sie durch die chemosensorischen Reize hervorgerufen werden könnte, deutlich eingeschränkt ist. Mit Hilfe der MR-bezogenen Version des State-Trait-Anxiety-Inventory Form X1 (siehe Punkt 4.1.2.3.3) sollte die Zustandsangst während des Scanvorgangs erfasst werden. Keine Vp erreichte den kritischen Wert von über 56,6 wie auch der Tabelle 10-1 im Anhang zu entnehmen ist.

4.1.5 Chemosensorische Reizdarbietung

4.1.5.1 Geruchsdetektionstest

Für die Überprüfung der aktuellen olfaktorischen Geruchsleistung wurde ein „three-alternative forced-choice“ Test durchgeführt. Ein Durchgang bestand aus der Darbietung des Zielreizes „PEA“ und zweier Distraktoren (2 x „Watte“). Jeder Reiz wurde mit einer Präsentationsdauer von 2950 ms bei einem Interstimulusintervall (ISI) von 5 s dargeboten. Somit beträgt das ISI zwischen den Zielreizen mindestens 13 s. Die Aufgabe bestand darin, aus den drei Reizen eines Durchgangs denjenigen zu bestimmen, welcher als am intensivsten wahrgenommen wurde. Um eine Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 5% zu erreichen, wurden insgesamt drei Durchgänge vorgegeben. Somit liegt die Wahrscheinlichkeit, zufällig den Zielreiz in allen drei Durchgängen zu identifizieren, bei 3,7%.

Die Steuerung der chemosensorischen Reize erfolgte bei konstanten Luftstromverhältnissen halbautomatisch: Durch einen Tastendruck wurde nach festgesetzter Reihenfolge eine Geruchspräsentation gestartet. Der zeitliche Ablauf eines Trials für den Geruchsdetektionstest ist in Abbildung 4-10 dargestellt. Ein Trial begann mit dem „visuellen Countdown“ für die Dauer von 2950 ms. 1150 ms nach Beginn des Countdowns wurde bereits das Geruchsventil geschaltet und zeitgleich das Interstimulusventil geschlossen. Somit war nach Ablauf des Countdowns das Stimulusventil bereits für 1800 ms geschaltet – genügend Zeit, damit sich der Reiz in der Atemmaske vollständig aufbauen konnte (siehe Punkt 4.1.3.1.2). Unmittelbar nach Beendigung des visuellen Countdowns startete die visuelle Einatmungsinstruktion mit einer Dauer von ebenfalls 2950 ms. Nach Ablauf dieser 2950 ms wechselt der Bildschirm auf schwarz, das Geruchsventil wird wieder geschlossen und das ISI-Geruchsventil geöffnet. Bei der Festlegung der Reihenfolge wurde darauf geachtet, dass nicht zweimal hintereinander der Zielreiz dargeboten wurde (siehe Anhang Methodenvalidierung: Ablaufprotokoll). Dem eigentlichen Detektionstest ging ein Übungsdurchgang voraus.

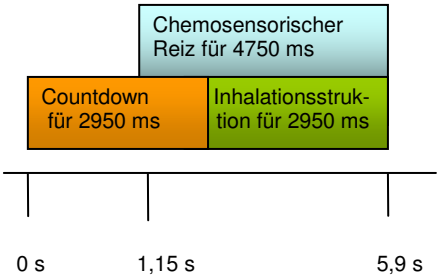


Abbildung 4-10: Zeitlicher Ablauf eines Trials für den Detektionstest und das subjektive Rating

4.1.5.2 Subjektives Rating

Für die subjektive Einschätzung der chemosensorischen Reize wurden diese einzeln halbautomatisch über das MR-O bei festgesetzter Reihenfolge (siehe Anhang Methodenvalidierung: Ablaufprotokoll) dargeboten. Die zeitliche Abfolge eines Trials ist in der Abbildung 4-10 eingetragen und oben unter Punkt 4.1.5.1 beschrieben.

4.1.5.3 fMRT-Sitzung

Jede Reizklasse wurde insgesamt 30-mal - auf drei Durchgänge verteilt – präsentiert. Pro Durchgang wurden 10 Präsentationen einer Reizklasse in festgelegter Reihenfolge dargeboten, wobei die Reihenfolge vorsah, niemals zweimal dieselbe Reizklasse hintereinander vorzugeben (Reihenfolge siehe Anhang Methodenvalidierung: Trialabflolge). Im Folgenden wird der Ablauf eines Trials beschrieben (siehe auch Abbildung 4-11). Ein Trial besaß eine feste Zeitlänge von 22,75 s. Nach einem variablen Intervall von 5,2 bis 11,05 s nach Trialbeginn startete der visuelle Countdown für die Einatmung. Die genaue zeitliche Abfolge der visuellen und chemosensorischen Reize wurde bereits oben unter Punkt 4.1.5.1 beschrieben. Die Abbildung 4-10 stellt den zeitlichen Ablauf eines gesamten Trials dar. Nach der Darbietung des chemosensorischen Reizes erschien nach einem variablen Intervall von 2,6 bis 8,45 s auf dem Bildschirm in Form eines Fragezeichens die Aufforderung, eine Rückmeldung zu geben. Dabei blieb das Zeitfenster für eine Reaktion für 2,75 s offen. In dem Moment, in welchem eine Reaktion erfasst wurde, verschwand das Fragezeichen wieder. Hieran schloss sich ein variables Intervall an, welches die Gesamttriallänge von 22,75 s aufrecht hielt. Wurde in der vorgegebenen Zeit keine Reaktion abgegeben, so wechselte nach 2,75 s die Darstellung des Fragezeichens in ein Ausrufezeichen und blieb für 0,5 s bestehen. Mit dem Verschwinden des Ausrufezeichens endete das Trial bei einer Dauer von 22,75 s.

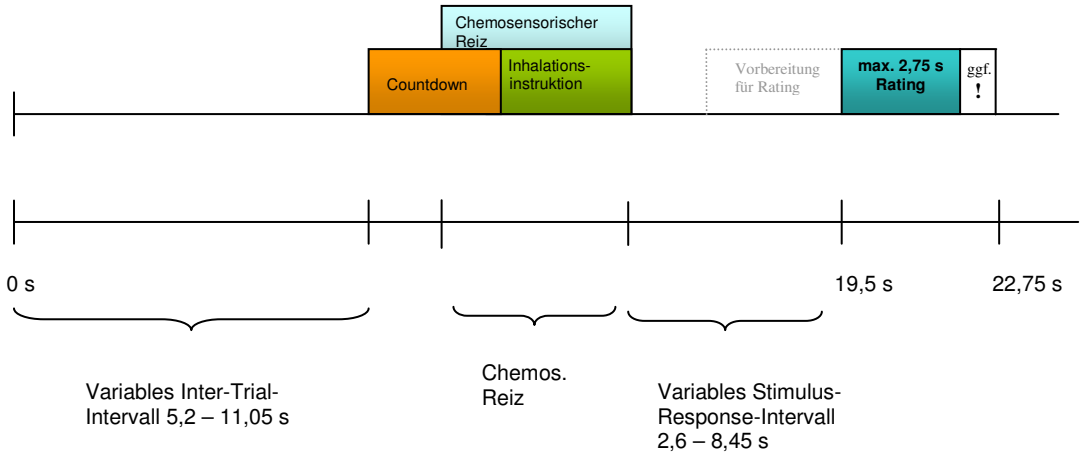


Abbildung 4-11: Zeitlicher Ablauf eines Trials für die fMRT-Sitzung

Die Längen der beiden variablen Intervalle wurden umgekehrt proportional zu einander gewählt, sodass sich im Prinzip nur der Bereich der chemosensorischen Reizdarbietung innerhalb des Trials nach vorne oder nach hinter verschob. Bei einem Spacing von 0,64 s wurde darauf geachtet, dass der Beginn der Reizpräsentation systematisch mit dem Beginn einer TR variierte (Beginn der Reizpräsentation pro Reizklasse jeweils dreimal genau bei Beginn einer TR, dreimal beim 0,2-fachen, 0,4-fachen, 0,6-fachen, 0,8-fachen einer TR). Dabei wurde eine TR von 3250 ms vorausgesetzt (eine Übersicht über diese zeitliche Koordination befindet sich im Anhang Methodenvalidierung: Trialabfolge und zeitliche Koordination der Reize).

Dem Einatmungsintervall von knapp 3 s stand ein ISI von 19,8 s gegenüber. Jeder Durchgang begann mit zwei Dummy-Scans sowie einem Dummy-Trial zur Habituation an die Untersuchungsbedingungen. Es folgten 30 chemosensorische Reizdarbietungen. Bei einer TR von 3261 ms dauert somit ein Run 11 Minuten und 54 Sekunden.

4.1.6 Physiologische Messdatenerhebung

Die Einstellungen für die anatomische T1-3D-Gradientenecho-Messung sowie der funktionellen T2*-EPI (Echo-Planar-Imaging) Messungen sind in Tabelle 4-4 eingetragen.

Tabelle 4-4: MR-Aufzeichnungsparameter

Parameter	T1	EPI
Gewichtung	T1/TFE	T2* single shot EPI
Turbofaktor	112	0
Field of View (FOV)	224 mm	220 mm
Matrix	224	80
Voxelgröße	1,00 x 1,03 x 1,00 mm	1,00 x 1,03 x 1,00 mm
Anzahl der Schichten	150	40
Schichtführung	sagital (parallel zur Schädelbasis)	transversal
Schichtdicke	1 mm	2,75 mm; Gab: 0,25 mm
Acquisition order	Interleaved (1 = ventral)	Interleaved (1 = ventral)
Time of Echo (TE)	3,5 ms	35 ms
Time of Repetition (TR)	7,6 ms	3250 ms[13]
Flip Angel	8°	90°
Phasenkodierrichtung	Anterior-Posterior	Anterior-Posterior

4.1.7 Durchführung

4.1.7.1 Erstkontakt

Die Eignung der Vpn wurde in einem ca. 20-minütigen persönlichen oder telefonischen Interview festgestellt. Dabei wurde zunächst der Zweck der Untersuchung erläutert, der Versuchsablauf kurz skizziert und auf die mit einer MRT-Untersuchung verbundenen Risiken hingewiesen. Weiter wurden mit Hilfe einer Checkliste (siehe Anhang Methodenvalidierung: Telefoncheckliste) ein Teil der Eingangsvoraussetzungen abgefragt (Alter, Abstammung, Rauchverhalten, keine Schwangerschaft, keine Auffälligkeiten im Zyklus, keine chronischen Erkrankungen bzw. Medikation, keine psychiatrische Erkrankung, kein chronischer Drogenkonsum, keine deutlich veränderte Riechfähigkeit, keine körperliche oder geistige Behinderung). Bei vorläufiger Eignung wurde mit der potentiellen Teilnehmerin ein Termin für ein Vorgespräch vereinbart.

[13] Bei einer vorgegebenen TR von 3250 ms verlängerte sich aufgrund der am MR eingestellten Funktion „dynamic stabilisation“ die TR automatisch um 11 auf 3261 ms. Dies bedeutet, dass sich die theoretische Triallänge tatsächlich insgesamt um 77 ms verlängerte. Da die Triallängenverlängerung jedoch bei der Schätzung des Designs berücksichtigt wurde, so hat dieser Parameter keinen weiteren Einfluss auf die Auswertung der funktionellen Bilder.

4.1.7.2 Vorgespräch

In Einzelvorgesprächen erhielten die potentiellen Vpn eine genaue Übersicht über den Versuchsablauf. Hierfür wurden das Aufklärungsmaterial, die Einverständniserklärungen sowie der „Geruchsfragebogen“ zur Ansicht vorgelegt. Weiter wurde das Fragebogenmaterial zur Geruchsbeschreibung dargelegt und es wurden sämtliche Instruktionen mündlich wie schriftlich erläutert. Hierzu gehörte auch die Darstellung der visuellen Instruktionen zur Präsentation der chemosensorischen Reize. Anschließend wurden mit Hilfe des „Händigkeitsfragebogen“, der „MR-FSS“ und des „SIAS“ die Eingangsvoraussetzungen „Rechtshändigkeit“, „keine Neigung, im Scanner mit Paniksymptomen zu reagieren“ und „keine soziale Ängstlichkeit“ erfasst.

4.1.7.3 Versuch

Die Versuche fanden in Form von Einzelsitzungen im „Neurozentrum“ Sektion „Neuroradiologie“ des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel statt. Dabei kann der Versuch in vier Abschnitte gegliedert werden.

4.1.7.3.1 Versuchsvorbereitung

Da der verwendete Scanner in den klinischen Routinebetrieb des Universitätsklinikums eingebunden war, musste das Versuchssetup regelmäßig auf- und abgebaut werden. Zu jedem Aufbau gehörten ein erneutes Befüllen der Geruchskammern mit den chemosensorischen Reizen sowie eine Kalibrierung des MR-O. Für die auswertbaren Sitzungen der Untersuchungen zur Methodenvalidierung wurde das Setup viermal auf- und wieder abgebaut. Pro Aufbau wurden zwei Probandinnen untersucht.

In einem Warteraum des „Neurozentrums“ erhielten die Probandinnen das Fragebogenmaterial zur Überprüfung der Eingangsvoraussetzung für den Versuchstag selber sowie der „MR-Tauglichkeit“. Hierfür wurden der „Geruchsfragebogen“ und die „MR-Tauglichkeits-Checkliste“ zur Bearbeitung vorgegeben. Weiter erhielt die Vp Aufklärungsmaterial („Aufklärungsbogen Uni-Klinik“ & „Aufklärungsbogen „Psychologie“) und Einverständniserklärungen („Einverständniserklärung Uni-Klinik“ & „Einverständniserklärung Psychologie“) in doppelter Ausführung zur Unterschrift überreicht. Eine von den Versuchsleitern unterschriebene Ausführung der Materialen erhielt die Vp zur Mitnahme überreicht. Weiter erhielt die Vp mündliche wie schriftliche Instruktionen für den Geruchsdetektionstest und die

Geruchsbeschreibung (alle Materialien sind den gleichnamigen Seiten im Anhang: Methodenvalidierung zu entnehmen).

4.1.7.3.2 Geruchsdetektionstest und Geruchsbeschreibung

Bei vorläufiger Eignung wurde mittels des Geruchsdetektionstests überprüft, ob die aktuelle olfaktorische Wahrnehmung eingeschränkt ist. Dieser Teil fand im MR-Steuerraum statt (siehe Abbildung 4-5 G). Hierfür zog sich die Probandin die Sauerstoffmaske über Mund und Nase und betrachtete den Bildschirm des MR-O-Steuerrechners, auf welchem ihr die visuellen Reize zur Ankündigung und zur Darbietung eines chemosensorischen Reizes präsentiert wurden. Da der Versuchsleiter direkt neben der Probandin saß, konnte somit ein fehlerhaftes Umsetzten der Einatmungsinstruktion (zu frühes/spätes Aus-/Einatmen, zu tiefe Atemzüge usw.) unmittelbar korrigiert werden (der Ablauf des Geruchsdetektionstests wurde bereits unter Punkt 4.1.5.1 im Einzelnen dargestellt).

Im Anschluss an den Detektionstest wurden die drei chemosensorischen Reize zur subjektiven Beschreibung über das MR-O dargeboten. Die visuellen Instruktionen zur Einatmung erfolgten wieder über den Bildschirm des MR-O-Steuerrechners. Die chemosensorischen Reize wurden mit Hilfe der Fragebögen zur Geruchsbeschreibung (siehe Punkt 4.1.2.3.6) subjektiv eingeschätzt, wobei jeder der drei chemosensorischen Reize insgesamt zweimal dargeboten wurde: das erste Mal zur Bearbeitung des Fragebogens zur quantitativen Geruchsbeschreibung und der qualitativen Geruchsbeschreibung und zum zweiten Mal zur Einschätzung der eigenen Emotion während der Wahrnehmung der chemosensorischen Reize entlang der Fragebögen „SAM“ und „Basisemotionen“ (die Reihenfolge, in welcher die Reize dargeboten wurden, ist dem Anhang Methodenvalidierung: Ablaufprotokoll zu entnehmen).

4.1.7.3.3 fMRT-Sitzung

Bevor zusammen mit der Probandin der Scanner-Raum betreten wurde, erhielt diese schriftliche wie mündliche Instruktionen über den weiteren Versuchsablauf. Hiernach wurde sie gebeten, auf der Scannerliege Platz zu nehmen und es wurde ihr der Atemgurt angelegt. Weiterhin erhielt die Vp Ohrstöpsel zur Schallreduzierung, sie zog sich die Atemmaske für die chemosensorische Reizapplikation über und setzte sich Kopfhörer zur Schallreduktion und Kommunikation auf. Abschließend wurde ihr die Sense-Kopfspule über den Kopf gefahren. Über den MR-kompatiblen Monitor wurde nun das „Entspannungsbild“ dargeboten, welches von der Probandin im vollen Umfang zu sehen sein musste. Nachdem sichergestellt wurde, dass die

Probandin über das Spiegelsystem den gesamten Bildschirmbereich sehen konnte, wurde sie in den Scanner gefahren. Über Kopfhörer wurde sogleich mit der Probandin Kontakt aufgenommen und es wurde die T1-gewichtete Sequenz zur Aufzeichnung der anatomischen Bilder gefahren. Dieser Teil der Messung dauerte ca. 5 Minuten. Im Anschluss an diese Messung begann die Aufzeichnung der funktionellen Bilder. Hierzu wurden in drei Durchgängen von jeweils ca. 12 min Dauer die chemosensorischen Reize über das MR-O dargeboten. Zwischen den Durchgängen wurden kurze Pausen von ca. 1 min eingelegt, in welchen über Kopfhörer nach den Wohlbefinden der Probandin gefragt wurde. Zusammen mit den Pausen dauerte dieser Versuchsteil ca. 40 Minuten. Nach dem Scanvorgang wurde die Probandin aus dem Scanner gefahren und ihr die MR-bezogene Version des STAI X1 zur Erfassung von Zustandsangst im Scanner zur Bearbeitung vorgelegt. Anschließend erhielt die Probandin ggf. eine Vergütung in Form von einer Versuchspersonenstunde oder wahlweise 10,- € und wurde dann entlassen. Der gesamte Versuch dauerte ca. 1 Stunde und 45 Minuten.

4.1.8 Auswertung und Datenreduktion der MR-Bilder

Die Auswertung der fMRT-Daten wurde über die Programme „MRIcro“ (Version 1.39) und „SPM2“, welches in „Matlab“ (Version 6.1) implementiert ist, realisiert. Für die Vorverarbeitung wurden sowohl die anatomischen als auch die funktionellen Bilder in Form von par.- und rec.-Files mit Hilfe des Programms „MRIcro“ in „MRI-Header“ bzw. „MRI-Images“ konvertiert. Weiter wurde in „MRIcro“ die Dimensionalität der Daten von 4 auf 3 reduziert. Die nun aufbereiteten Bilder wurden - getrennt nach anatomischer und funktioneller Darstellung - weiter mit SPM2 vorverarbeitet. Anschließend wurden die Bilder der statistischen Analyse unterzogen.

4.1.8.1 Anatomische Bilder

Es wurde mit der Reorientierung der anatomischen Bilder in „SPM2“ begonnen, sodass diese nun in neurologischer Orientierung vorlagen. Für eine Darstellung der Zuordnung von Funktion und Anatomie wurden die Normalisierungs-Voreinstellungen von „SPM2“ bezüglich der Voxelgröße auf 1x1x1 mm und die Wahl der Interpolationsmethode auf „7th Degree B-Spline“ geändert. Es folgte eine Normalisierung der T1-Bilder an das Montreal-Neurological-Institut (MNI)-Referenz-Gehirn im Talairachraum (Talairach & Tournoux, 1988).

4.1.8.2 Funktionelle Bilder

Reorientierung

Eine Reorientierung der funktionellen Bilder war nicht nötig, da sich bei diesen die radiologische und die neurologische Orientierung entsprachen.

Slice Timing Correction

Zur Korrektur der zeitlich versetzten Schichtaufzeichnung wurde die „Slice Timing Correction“ durchgeführt. Hierbei wurde alle Bilder einer Vp angewählt und eine „interleaved Acquisition order“ bestimmt. Bei 40 Schichten - beginnend mit dem ersten Bild ventral – wurde als Referenzbild das Bild Nummer 20 ausgewählt. Die TR wurde bei 3,261 s festgelegt, wobei die von „SPM2“ vorgeschlagene Acquisition Time (TA) von 3,1795 s übernommen wurde.

Bewegungskorrektur

Für eine Schätzung und Korrektur der Kopfbewegungen, welche für gewöhnlich während des Scanvorgangs auftreten, wurden zwei alternative Verfahren gegenüber gestellt. Die erste Alternative der Bewegungskorrektur („Realign“) basierte auf der Schätzung von Bewegungen auf dem Modell der „rigid-body-transformation“. Hierbei nimmt man an, dass sich der Kopf als starrer Körper im Magnetfeld bewegt und dass sich weiter diese Bewegungen durch Linearkombinationen entlang von sechs Dimensionen (Translationen sowie Rotationen um jeweils die x-, y-, z-Achsen) abbilden lassen. In die zweite Alternative („Realign & Unwarp“) fließen zusätzlich Informationen über magnetfeldbedingte Verzerrungen in die Bewegungskorrektur mit ein. Somit werden bei der Korrektur „Zerrspiegeleffekte“ bei der Bewegung eines starren Körpers in einem Magnetfeld berücksichtigt (Friston, Williams, Howard, Frackowiak & Turner, 1996; Hutton, Bork, Josephs, Deichmann, Ashburner & Turner, 2002; Andersson, Hutton, Ashburner, Turner & Friston, 2001). Der Download der Tool-Box „Unwarp“ erfolgte unter http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/toolbox/unwarp.

Somit erfolgte die Vorverarbeitung von nun an für jede Alternative separat. Bei beiden Alternativen wurden für eine Bewegungskorrektur alle Bilder einer Vp über alle Durchgänge ausgewählt. Somit flossen auch die Bewegungen zwischen den Runs in die Korrektur ein. In der Literatur wird zur Bewegungskorrektur noch eine dritte Alternative vorgeschlagen. Hierbei werden nach der Schätzung der Bewegung basierend auf dem Modell der „rigid-body-transformation“ die sechs Bewegungsparameter als Kovariate in die Schätzung des Gesamtmodells mit aufgenommen (siehe unter: http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/toolbox/unwarp).

Diese Alternative wurde deshalb nicht verwendet, da hierfür die Bewegungen für jeden Run einzeln und nicht über alle Runs zusammen geschätzt werden sollten. Aufgrund der langen Scanzeit und den möglicherweise erheblichen Bewegungen in den Pausen zwischen den Scanvorgängen, sollten die Bewegungen zwischen den Runs mit in die Schätzung einzubeziehen, sodass diese dritte Alternative verworfen wurde.

Normalisierung

Im Falle der ersten Alternative zur Bewegungskorrektur („Realign“) wurden über die Funktion „Corigister & Reslice“ die Bewegungsparameter zunächst geschätzt, wobei diese Schätzung noch nicht auf die funktionellen Bilder angewendet wurde und erst nach der anschließenden Normalisierung mit den erstellten Parametern erneut geschrieben wurden. Es wurden hier lediglich für jede Vp ein mittleres EPI-Bild geschrieben, auf welches die Bewegungsparameter angewendet wurden.

Im Falle der zweiten Alternative („Realign & Unwarp“) wurden über die Funktion „Model field changes“ die Standardauswahl „Pitch & Roll“ gewählt und es wurde die errechneten Parameter auf die Bilder angewendet und erneut geschrieben. Zudem wurde für jede Vp ein mittleres Bild aus allen bewegungskorrigierten EPI-Bildern erstellt.

Unabhängig von der Wahl der Bewegungskorrektur wurde für die Normalisierung das eben erstellte Vp-eigene mittlere EPI-Bild nun an das jeweilige anatomische T1-Bild jeder Vp koregistriert, wobei die hierbei erstellten Parameter jedoch noch nicht auf die EPI-Bilder angewendet wurden („Corigister only“). Weiter wurden die SPM2-Voreinstellungen der Normalisierungsparameter bezüglich der Voxelgröße auf 3x3x3 mm geändert (bei weiterhin eingestellter Interpolationsmethode auf „7th Degree B-Spline“). Nun wurde das koregistrierte anatomische Bild jeder Vp an ein anatomisches Template (Talairach & Tournoux, 1988) normalisiert. Anschließend wurden die EPI-Bilder auf der Grundlage der Bewegungs-, Koregistierungs- und Normalisierungsparameter neu geschrieben.

Smoothing

In einem abschließenden Schritt erfolgte die Gauß´sche Glättung aller EPI-Bilder („Smoothing“) mit einem Filter von 9 mm.

4.1.9 Hypothesen und statistische Analyse

4.1.9.1 Subjektive Daten

Detektionsraten während des Scanvorgangs

Es wird angenommen, dass während der funktionellen Messung "PEA" im Vergleich zu "Watte" häufiger als ein Geruch erkannt wird.

Die zugehörige statistische Hypothese lautet:

H_1: „PEA“ $_{\text{Detektionsrate}}$ > „Watte“ $_{\text{Detektionsrate}}$

Die statistische Überprüfung dieser Hypothese erfolgt über eine 2-faktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ (3-stufig: PEA, Schweiß und Watte) und „Messzeit“ (3-stufig: Durchgang 1, Durchgang 2, Durchgang 3). Bei einem signifikanten Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ werden mittels eines t-Tests für abhängige Stichproben die Detektionsraten von „PEA“ mit denen von „Watte“ verglichen. Bei einem signifikanten Haupteffekt unter dem Faktor „Messzeit“ wird mittels t-Tests für abhängige Stichproben überprüft, zwischen welchen Runs sich die Detektionsangaben unterscheiden. Bei einer signifikanten Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Messzeit“ werden für jeden Reiz mittels t-Tests für abhängige Stichproben überprüft, ob sich die Detektionsangaben über die Durchgänge hinweg veränderten.

Fragebogendaten

Es wird angenommen, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ als intensiver beschrieben wird. Weiter wird angenommen, dass auf den restlichen Skalen der quantitativen Geruchsbeschreibung („Angenehm“, „Unangenehm“ und „Bekanntheit“) sowie auf den Skalen zur Emotionalen Beschreibung entlang des „SAM“ („Valenz“, „Arousal“ und „Dominanz“) sich das Rating zwischen „PEA“ und „Watte“ unterscheidet.

Die zugehörigen statistischen Hypothesen lauten:

H_1: „PEA“ $_{\text{Intensität}}$ > „Watte“ $_{\text{Intensität}}$

H_1: „PEA“ $_{\text{angenehm}}$ ≠ „Watte“ $_{\text{angenehm}}$

H_1: „PEA“ $_{\text{unangenehm}}$ ≠ „Watte“ $_{\text{unangenehm}}$

H_1: „PEA“ $_{\text{bekannt}}$ ≠ „Watte“ $_{\text{bekannt}}$

H_1: „PEA“ $_{\text{Valenz}}$ ≠ „Watte“ $_{\text{Valenz}}$

H_1: „PEA“ $_{Arousal}$ ≠ „Watte“ $_{Arousal}$

H_1: „PEA“ $_{Dominanz}$ ≠ „Watte“ $_{Dominanz}$

Bezüglich des Antwortverhaltens auf dem Fragebogen „Basisemotionen“ werden keine Hypothesen formuliert. Hier wird das Rating zwischen „PEA“ und „Watte“ auf explorativer Ebene miteinander verglichen. Die gerichteten/ungerichteten Hypothesen sowie die Vergleiche zur explorativen Datenanalyse sollen mittels t-Tests für abhängige Stichproben überprüft werden. Die Auswertung der Ratings auf dem Fragebogen zur qualitativen Geruchsbeschreibung erfolgt auf deskriptiver Ebene.

Auf explorativer Ebene werden Ratings der Bedingungen „Schweiß“ und „Watte“ miteinander verglichen. Die Auswertung erfolgt analog zur Auswertung der Vergleiche zwischen „PEA“ und „Watte“, jedoch werden hierzu keine Hypothesen formuliert.

Allen statistischen Vergleichen soll ein α-Niveau von 5% zugrunde gelegt werden. Da die Überprüfung der Methodenvalidität unter ökonomischen Gesichtspunkten, d.h. an einer Stichprobe von N = 8, erfolgen sollte, wird die Validität der Methode nicht grundsätzlich in Frage gestellt werden, wenn sich die Hypothesen nur tendenziell bestätigen lassen.

4.1.9.2 Funktionelle Bilder

Die statistische Analyse der Daten der funktionellen Bilder erfolgte für beide Alternative der Vorverarbeitung identisch über eigene First-Level-Analysen: In jedes Design wurden die Ereignisse „Visueller Countdown“, „Kombination aus Inhalationsinstruktion und Darbietung des Chemoreizes“ sowie „Kombination aus visuellem Hinweis zur Abgabe einer motorischen Reaktion und Ausführung eine motorischen Reaktion“ aufgenommen. Die Tabelle 4-5 und Abbildung 4-12 gegen eine Übersicht die Ereignisse, welche in die Modelle aufgenommen wurden. Darüber hinaus sollte überprüft werden, ob die Aufnahme eines weiteren Ereignisses „Antizipation einer motorischen Reaktion“ in das Modell zu einer genaueren Varianzschätzung führen würde (im Sinne einer Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses) verglichen mit dem Design ohne dieses zusätzlich Ereignis. Zunächst wurde auf Grundlage der fünf Ereignisklassen 1-4 und 6 über alle Vpn ein First-Level-Design bestimmt (mit den Parametern: „Interscan intervall“: 3.261; „scans per session“: 24 x 222; als Hämodynamische Basisfunktion wurde eine einfache Hämodynamische Antwortfunktion (hrf) gewählt; es wurden keine Modellinteraktionen angenommen; sowie keine parametrische Modulation und keine zusätzlichen Regressoren definiert). Bei der Zuweisung der funktionellen Bilder zum Design

werden folgende Einstellungen vorgenommen: „remove global effects: none“, der Hochpassfilter wurde auf 128 Hz voreingestellt festgelegt und „Correct for serial correlations: none“.

Tabelle 4-5: Übersicht über die modellierten Ereignisse

Ereignisnummer	Ereignis	Dauer
1	Visueller Countdown (orange)	2950 ms
2-4	Kombination aus Inhalationsinstruktion und Darbietung des Chemoreizes („PEA“. „Schweiß“, „Watte“) (grün)	2950 ms
5	Antizipation einer motorischen Reaktion (grau/weiß)	Beginn 2 s nach Beendigung der Darbietung des Chemoreizes; Ende bei Ereignis 8
6	Kombination aus visuellem Hinweis zur Abgabe einer motorischen Reaktion und der Ausführung einer motorischen Reaktion (blau)	Reaktionszeit

In einem zweiten Schritt wurde das Design unter Einbezug der Ereignisklasse fünf erneut spezifiziert. Hierbei wurden die oben beschriebenen Parameter und Einstellungen übernommen. In der Abbildung 4-13 ist die Designmatrix des Vorversuchs dargestellt. In der Matrix sind die insgesamt 24 einzelnen Durchgänge mit den zugehörigen sechs Ereignissen zu erkennen (bei insgesamt acht Vpn mit jeweils drei Runs ergibt dies eine Gesamtanzahl von 24 Blocks). Beispielhaft wurden die Durchgänge der ersten Vp (Vp 203) hervorgehoben. Ein Block von Längsstreifen beschreibt dabei einen Durchgang, wobei die Längsstreifen eines Blocks jeweils eines der sechs Ereignisse darstellen.

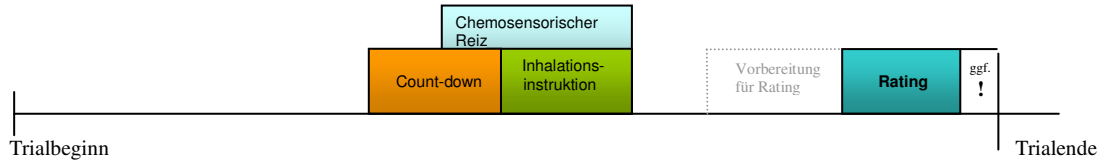


Abbildung 4-12 : Vereinfachte Darstellung eines Trials

Entlang dieser vier Designs wurden jeweils vier Kontraste formuliert:

1. PEA > Watte
2. Watte > PEA
3. Schweiß > Watte
4. Watte > Schweiß

Für die Berechnung der Kontraste wird ein konventionelles Signifikanzniveaus von $\alpha = 0{,}1\%$ unkorrigiert festgelegt. Eine Mindestvoxelgröße wird nicht bestimmt ($k \geq 0$). Um die Erkenntnisse der Methodenvalidierung auf das Hauptexperiment übertragen zu können, wurden in der Voruntersuchung solche Aufzeichnungsparameter eingesetzt, welche in der Hauptuntersuchung verwendet werden sollen. Da in der Hauptuntersuchung das gesamte Hirnvolumen aufgezeichnet werden soll, reduzierte sich hierdurch der Grad der räumlichen Auflösung, wodurch schwächere Effekte möglicherweise nicht die Signifikanzgrenze erreichen. Da, wie bereits oben erwähnt, aus ökonomischen Gründen die Methodenvalidierung an einer relativ kleinen Stichprobe durchgeführt wurde, so wird die Methode nicht in Frage gestellt, wenn Aktivierungen in den Bereichen OFK, Amygdala, PFK und ERK/Hippokampus nur auf einem liberalerem Signifikanzniveau abbilden lassen.

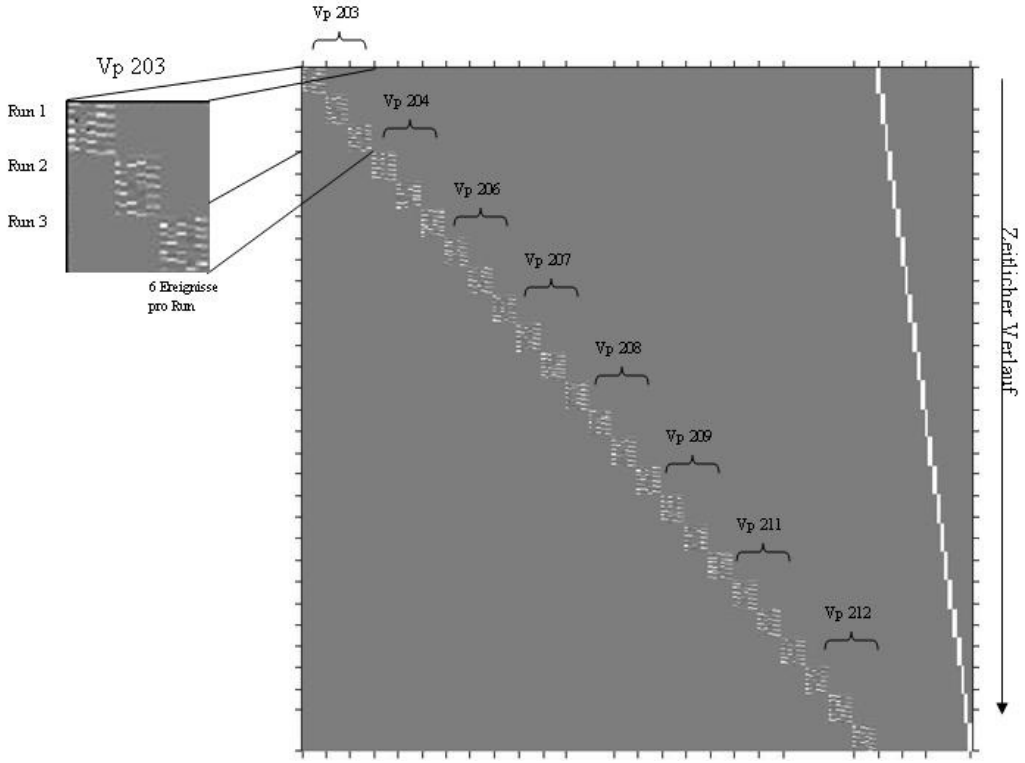


Abbildung 4-13: Designmatrix des gemeinsamen First-Level-Modells; Erläuterungen siehe Text

4.2 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt zunächst für die subjektiven Daten. Die Ergebnisdarstellung der Analysen der funktionellen Bilder schließt sich hieran an.

4.2.1 Subjektive Daten

4.2.1.1 Geruchsdetektionstest

Wie aus Tabelle 4-6 hervorgeht, wurde „PEA“ im Detektionstest von allen Vpn im Detektionstest mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 3% gegenüber „Watte“ erkannt. „Schweiß“ hingegen wurde bei selbiger Irrtumswahrscheinlichkeit nur von 62,5% aller Vpn (N = 5) detektiert.

Tabelle 4-6: Prozentsatz der Vpn, welche die Reize detektieren konnten

Reiz	Prozentsatz
PEA	100
Schweiß	62,5

4.2.1.2 Detektionsrate während des Scanvorgangs

In Tabelle 4-7 ist die deskriptive Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs mit den Parametern Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) eingetragen. Die Mittelwerte geben Auskunft darüber, in wie viel Prozent der Fälle der Darbietung eines Reizes dieser während des Scanvorgangs auch als Geruch detektiert wurde. Dieser Zusammenhang ist auch in der Abbildung 4-14 graphisch veranschaulicht.

Tabelle 4-7: Detektionsrate während des Scanvorgangs

Durchgang	Reiz	M	SD
1	PEA	97,50	4,63
	Schweiß	63,75	33,35
	Watte	30,00	17,73
2	PEA	100,00	0,00
	Schweiß	63,75	30,21
	Watte	16,25	14,08
3	PEA	97,50	4,63
	Schweiß	57,50	36,94
	Watte	25,00	27,77
Gesamt	PEA	98,33	1,78
	Schweiß	61,67	29,44
	Watte	23,75	15,88

Die Tabelle 4-8 zeigt das Ergebnis der varianzanalytischen Überprüfung der Detektionsraten während des Scanvorgangs. Es zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F (1,56, 14) = 30,48; p > 0,001].

Tabelle 4-8: Ergebnis VA Detektionsraten während des Scanvorgangs

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	66758,33	1,56	42771,35	30,48	**< 0,001**
Fehler	Reiz	15330,56	14	1095,04		
Haupteffekt	Messzeit	225,00	2	112,50	0,66	0,534
Fehler	Messzeit	2397,22	14	171,23		
Interaktion	Reiz x Messzeit	791,67	3,21	246,25	0,79	0,522
Fehler	Reiz x Messzeit	7052,78	28	251,88		

Eine Auflösung des Haupteffekts mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 4-9) ergab, dass sowohl „PEA“ als auch „Schweiß“ im Vergleich zu „Watte“ häufiger als Geruch detektiert wurden [Vergleich (PEA > Watte): t (7) = 13,11; p > 0,001; einseitig; Vergleich (Schweiß vs. Watte): t (7) = 3,23; p = 0,014; 2-seitig]. Weder der Haupteffekt unter dem Faktor „Messzeit“ noch die Interaktion zwischen den beiden Faktoren wurde signifikant.

Tabelle 4-9: Vergleich der Angaben der Basisemotionen zwischen den Reizen und „Watte“

Messzeitpunkte	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
Durchgang 1	PEA vs. Watte	-67,50	-12,83	7	**< 0,001**
	Schweiß vs. Watte	-33,75	-2,79	7	**0,027**
Durchgang 2	PEA vs. Watte	-83,75	-16,83	7	**< 0,001**
	Schweiß vs. Watte	-47,50	-4,39	7	**0,003**
Durchgang 3	PEA vs. Watte	-72,50	-7,15	7	**< 0,001**
	Schweiß vs. Watte	-32,50	-1,72	7	**0,129**
gesamt	PEA vs. Watte	-74,58	-13,41	7	**< 0,001**
	Schweiß vs. Watte	-37,92	-3,23	7	**0,014**

Somit konnte die Hypothese bestätigt werden, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ häufiger als Geruch detektiert wurde. Weiter konnte gezeigt werden, dass sich die Detektionsraten aller chemosensorischen Reize über das Experiment hin nicht unterschieden.

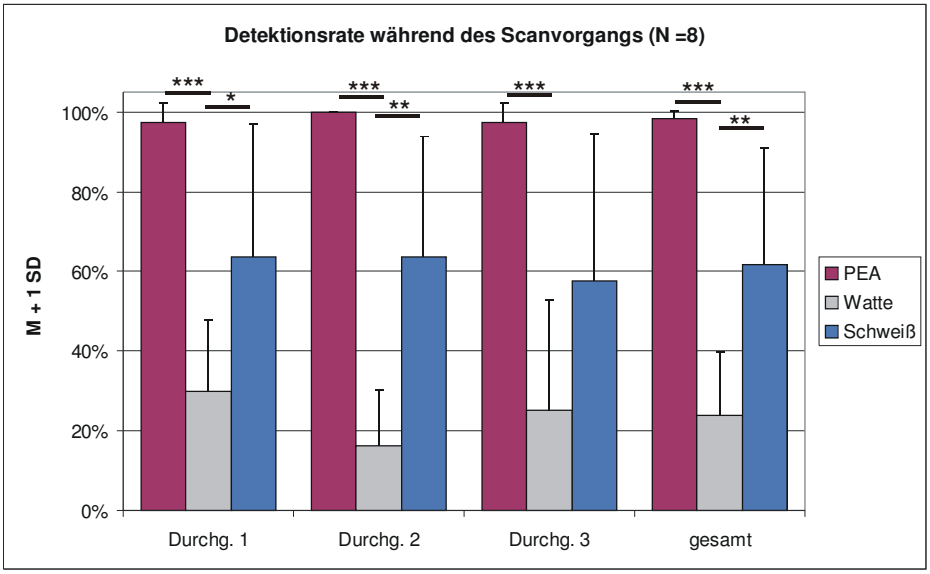


Abbildung 4-14: Ergebnisse Detektionsraten während des Scanvorgangs

4.2.1.3 Qualitative Geruchsklassifikation

Das Ergebnis der deskriptiven Auswertung der Geruchskategorisierung ist in Tabelle 4-10 eingetragen. Dargestellt ist der Prozentsatz derjenigen Vpn, welche sich zur Beschreibung eines Reizes für eine der sechs Kategorien entschieden haben. Es ist zu erkennen, dass „PEA“ von allen Reizen am häufigsten als „blumig“ beschrieben wurde. „Schweiß“ hingegen wurde uneinheitlich kategorisiert. Die Einschätzungen von „Watte“ tendierten zwischen „blumig“ und „würzig“.

Tabelle 4-10: Qualitative Geruchsbeschreibung, Angaben in %

Reiz	Kategorie					
	blumig	fruchtig	harzig	würzig	faulig	brenzlig
PEA	75	0	0	0	25	0
Schweiß	25	0	25	25	12,5	12,5
Watte	50	0	0	37,5	12,5	0

4.2.1.4 Quantitative Geruchsklassifikation

In der Tabelle 4-11 und der Abbildung 4-15 sind die Ergebnisse der quantitativen Beschreibung der chemosensorischen Reize mit den Parametern Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) eingetragen. Der Tabelle 4-12 sind die Ergebnisse von Mittelwertsvergleichen mittels zweiseitigen t-Tests für abhängige Stichproben zu entnehmen.

Tabelle 4-11: Geruchsquantifizierung

Reiz		Skala			
		Intensität	Angenehmheit	Unangenehmheit	Bekanntheit
PEA	M	6,25	4,75	2,13	5,75
	SD	1,49	2,66	2,85	2,19
Schweiß	M	3,00	2,38	3,88	2,25
	SD	2,51	2,07	2,53	2,49
Watte	M	0,63	2,38	1,25	0,38
	SD	0,92	2,39	2,05	0,52

Der Tabelle 4-1 ist zu entnehmen, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ als intensiver [t (7) = 9,96; p < 0,001; 1-seitig], bekannter [t (7) = 6,37; p < 0,001; 2-seitig] und tendenziell als angenehmer [t (7) = 2,07; p = 0,076; 2-seitig] eingeschätzt wurde. Somit wurden die Hypothesen bezüglich der höheren Intensität von „PEA“ gegenüber „Watte“ sowie der unterschiedlichen Einschätzung der „Bekanntheit“ von „PEA“ gegenüber „Watte“ bestätigt. Die Hypothese bezüglich einer unterschiedlichen Bewertung auf der Skala „Angenehm“ wurde tendenziell bestätigt. Nicht bestätigen ließ sich die Hypothese einer unterschiedlichen Bewertung von „PEA“ und „Watte“ auf der Skala „Unangenehm“.

Tabelle 4-12: Vergleich der Angaben zur Geruchsquantifizierung zwischen den chemosensorischen Reizen und „Watte“

Skala	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	P
Intensität	PEA vs. Watte	5,63	9,96	7	**< 0,001***
	Schweiß vs. Watte	2,38	2,57	7	**0,037**
Angenehm	PEA vs. Watte	2,38	2,07	7	0,078
	Schweiß vs. Watte	0,00	0,00	7	1,000
Unangenehm	PEA vs. Watte	0,88	1,05	7	0,328
	Schweiß vs. Watte	2,63	1,95	7	0,093
Bekannt	PEA vs. Watte	5,38	6,37	7	**< 0,001**
	Schweiß vs. Watte	1,88	2,14	7	0,069

* Sign.-Niveau einseitig

Die explorative Auswertung zeigte, dass „Schweiß“ gegenüber „Watte“ als intensiver [t (7) = 2,57; p = 0,037; 2-seitig], tendenziell als unangenehmer [t (7) = 1,95; p = 0,093; 2-seitig] und tendenziell als bekannter [t (7) = 2,14; p = 0,069; 2-seitig] eingeschätzt wurde (siehe Tabelle 4-12 und Abbildung 4-15).

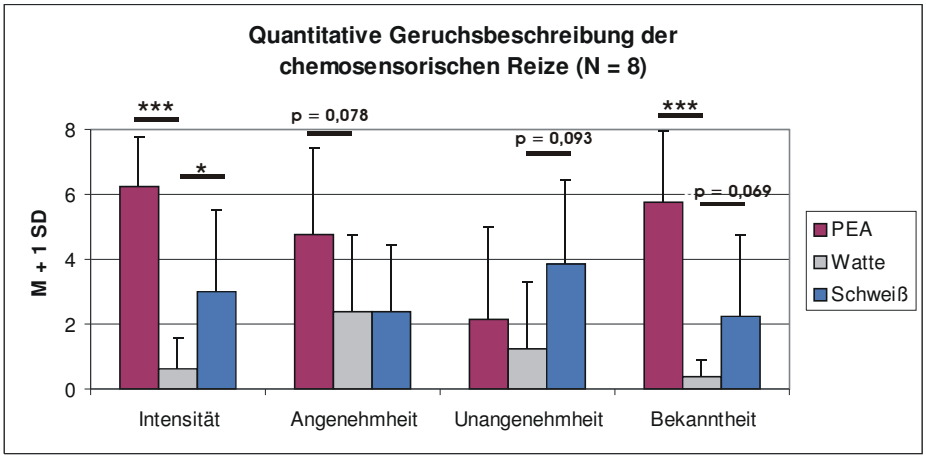


Abbildung 4-15: Ergebnisse Qualitative Geruchsbeschreibung

4.2.1.5 Emotionale Geruchsbeschreibung

4.2.1.5.1 SAM

Eine deskriptive Darstellung des Antwortverhaltens auf dem „SAM“ zur Erfassung der durch die chemosensorischen Reize beeinflussten emotionalen Befindlichkeit ist der Tabelle 4-13 zu entnehmen.

Tabelle 4-13: Emotionale Geruchsbeschreibung auf SAM-Skalen

Reiz		Skala		
		Valenz	Arousal	Dominanz
PEA	M	6,63	0,75	5,25
	SD	1,85	1,49	1,16
Schweiß	M	4,38	0,13	4,88
	SD	1,41	1,55	1,46
Watte	M	5,38	-0,87	5,50
	SD	0,74	1,25	1,41

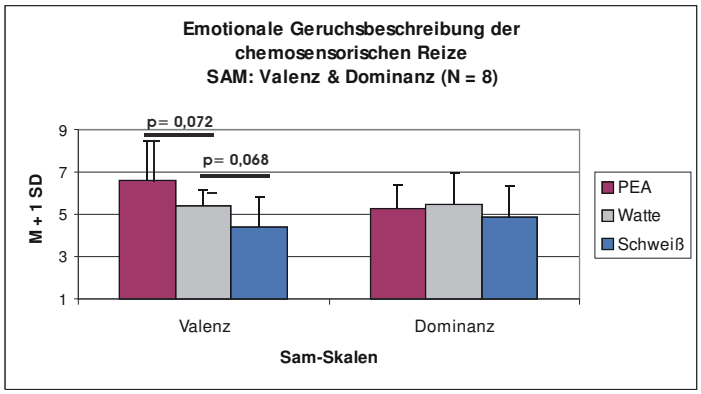
Das Ergebnis der inferenzstatistischen Auswertung der Mittelwertsvergleiche über zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben ist in Tabelle 4-14 eingetragen. Die Abbildung 4-16 stellt die deskriptive Auswertung sowie die inferenzstatistischen Ergebnisse graphisch dar.

Tabelle 4-14: Vergleich der Angaben zur Emotionalen Beschreibung zwischen den chemosensorischen Reizen und „Watte“; SAM-Skalen

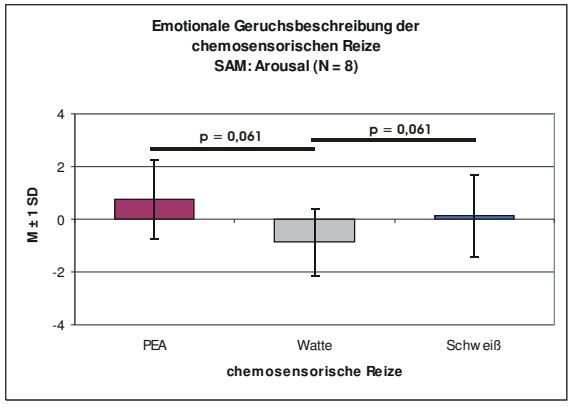
Skala	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
Valenz	PEA vs. Watte	1,25	2,12	7	**0,072**
	Schweiß vs. Watte	-1,00	-2,16	7	0,068
Arousal	PEA vs. Watte	1,63	2,22	7	**0,061**
	Schweiß vs. Watte	1,00	2,00	7	0,086
Dominanz	PEA vs. Watte	-0,25	-0,29	7	0,780
	Schweiß vs. Watte	-0,63	-1,36	7	0,217

Die varianzanalytische Auswertung zeigte, dass sich die Vpn infolge der Wahrnehmung von „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ glücklicher und tendenziell erregter fühlten [Skala „Valenz“: t (7) = 2,12; p = 0,072; 2-seitig; Skala „Arousal“: t (7) = 2,22; p = 0,061; 2-seitig]. Auf der Skala „Dominanz“ zeigten sich hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen „PEA“ und „Watte“. Somit können die Hypothesen einer unterschiedlichen Beschreibung von „PEA“ und „Watte“ auf den Skalen des „SAM“ als teilweise (tendenziell) bestätigt erachtet werden.

Auf explorativer Ebene zeigte sich, dass sich die Wahrnehmenden durch die Darbietung von „Schweiß“ im Vergleich zu „Watte“ tendenziell weniger glücklich, jedoch tendenziell mehr erregt fühlten [Skala „Valenz“: t (7) = -2,16; p = 0,068; 2-seitig; Skala „Arousal“: t (7) = 2,00; p = 0,086; 2-seitig]. Dieses Ergebnis ist auch in Abbildung 4-16 graphisch dargestellt.



(A)



(B)

Abbildung 4-16: Ergebnisse Emotionale Geruchsbeschreibung auf dem SAM; (A): Skalen „Valenz” und “Dominanz und (B): Skala „Arousal”

4.2.1.5.2 Basisemotionen

Das Antwortverhalten auf dem Fragebogen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit entlang der Basisemotionen ist in Form der Parameter Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der Tabelle 4-15 zu entnehmen. Das Ergebnis von Mittelwertsvergleichen über zweiseitige t-Tests für abhängige Stichproben ist der Tabelle 4-16 eingetragen. In Abbildung 4-17 sind die wichtigsten Ergebnisse grapisch dargestellt.

Tabelle 4-15: Emotionale Geruchsbeschreibung Beschreibung auf Basisemotionen

Reiz		Skala					
		Angst	Freude	Ekel	Ärger	Traur.	Überr.
PEA	M	1,59	5,40	1,08	1,03	0,60	2,88
	SD	2,94	3,28	2,45	2,11	1,05	2,84
Schweiß	M	0,86	2,59	1,55	2,78	1,94	1,41
	SD	2,05	2,91	1,34	3,14	3,18	1,66
Watte	M	1,45	2,66	0,89	1,21	1,25	1,58
	SD	2,74	2,82	2,27	2,03	1,98	2,32

Die inferenzstatistische Auswertung zeigte, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ tendenziell mehr Freude, weniger Ekel und mehr Überraschung auslöste [Skala „Freude“: t (7) = 2,16; p = 0,072, 2-seitig; Skala „Ekel“: t (7) = -2.01; p = 0,042; 2-seitig, Skala „Überraschung“: t (7) = 1,95; p = 0,092]. „Schweiß“ bewirkte gegenüber „Watte“ keine Beeinflussung des emotionalen Erlebens entlang der Basisemotionen. In der Abbildung 4-17 sind diese Ergebnisse graphisch dargestellt.

Tabelle 4-16: Vergleich der Angaben der Basisemotionen zwischen den Reizen und „Watte“

Skala	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
Angst	PEA vs. Watte	0,14	0,69	7	0,510
	Schweiß vs. Watte	-0,59	-0,48	7	0,649
Freude	PEA vs. Watte	2,74	2,16	7	**0,068**
	Schweiß vs. Watte	-0,08	-0,06	7	0,952
Ekel	PEA vs. Watte	-0,19	-2,01	7	**0,084**
	Schweiß vs. Watte	-0,66	-0,76	7	0,474
Ärger	PEA vs. Watte	-0,18	-0,37	7	0,720
	Schweiß vs. Watte	1,57	1,47	7	0,185
Traur.	PEA vs. Watte	-0,65	-1,72	7	0,128
	Schweiß vs. Watte	0,69	0,50	7	0,630
Überr.	PEA vs. Watte	1,30	1,95	7	**0,092**
	Schweiß vs. Watte	-0,16	-0,17	7	0,868

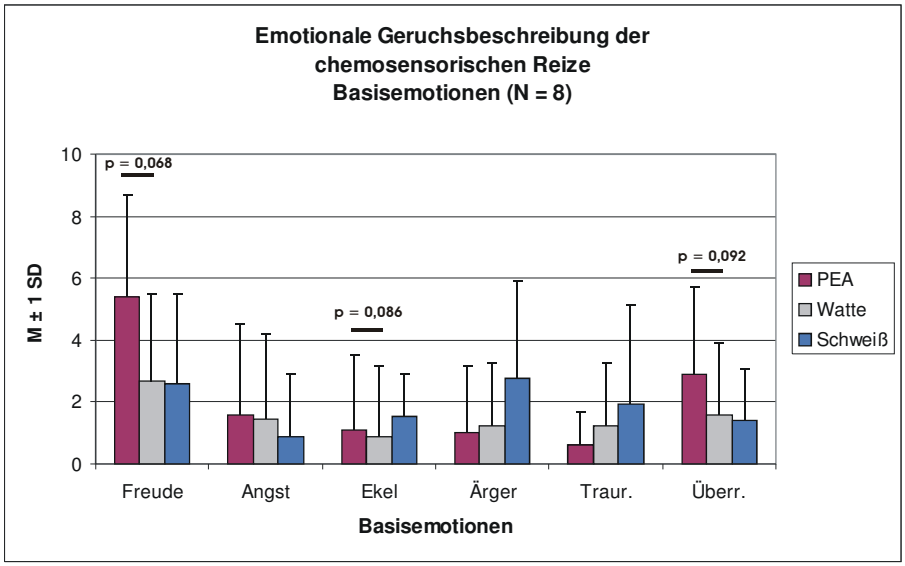


Abbildung 4-17: Ergebnisse Emotionale Geruchsbeschreibung Basisemotionen

4.2.1.6 Zusammenfassung der subjektiven Daten

Es wurde gezeigt, dass wie gefordert, „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ als intensiver beschrieben wurde und während des Scanvorgangs häufiger als Geruch erkannt wurde („PEA“ wurde in nahezu 100% der Fälle aller Darbietungen während des Scans als Geruch detektiert – „Watte“ hingegen nur in ca. 23% der Fälle). Zudem konnten die Hypothesen bestätigt werden, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ auf den Skalen „Angenehmheit“ (tendenziell), „Bekanntheit“, „Valenz“ (tendenziell) und „Arousal“ (tendenziell) unterschiedlich bewertet wurden. Nicht bestätigen ließen sich die Hypothesen, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ auf den Skalen „Unangenehmheit“ und „Dominanz“ differenziell beschrieben wurden. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ tendenziell mehr Freude und Überraschung, jedoch auch mehr Ekel hervorrief, wie gleichnamige Skalen des Fragebogens „Basisemotionen“ zeigten. Auf deskriptiver Ebene zeigte sich, dass „PEA“ überwiegend als „blumig“ beschrieben wurde.

„Schweiß“ wurde von fünf von acht Personen (62,5%) erfolgreich detektiert und während des Scanvorgangs in 60% der Darbietungen als Geruch erkannt. Die Auswertung der Fragebögen zur Geruchsbeschreibung zeigte, dass „Schweiß“ gegenüber Watte als ein intensiver, tendenziell unangenehmer sowie tendenziell bekannter Geruch beschrieben. Im Vergleich zu „Watte“ fühlten sich die Wahrnehmenden durch die Darbietung von „Schweiß“ tendenziell weniger glücklich und tendenziell erregter. „Schweiß“ wurde im Vergleich zu „Watte“ während des Scanvorgangs häufiger als Geruch detektiert.

Bei den Beschreibungen der Kontrastbedingung „Watte“ sind vor allem die geringe Intensität und die im Vergleich zu den anderen Reizen schwache Fähigkeit, die emotionale Befindlichkeit des Empfängers zu modulieren, hervorzuheben.

4.2.2 Funktionelle Bilder

4.2.2.1 Vergleiche verschiedener Auswertungsvarianten

Für die Auswertung der fMRT-Daten standen insgesamt vier Auswertungskombinationen (zwei alternative Vorverarbeitungsprozeduren kombiniert mit zwei alternativen Modellschätzungen) zur Wahl. Vor der eigentlichen Analyse der funktionellen Bilder sollte aus den verschiedenen Kombinationen diejenige ausgewählt werden, welche auf Voxel-Level in ausgewählten Hirnregionen die höchsten t-Werte erzielte. Zu diesen Regionen gehörten der OFK sowie der gesamte Temporallappen – also solche Regionen, welche maßgeblich an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize beteiligt sind. Ein Vergleich der Auswertungsmethoden ohne α-Adjustierung erscheint nicht sinnvoll, da eine Entscheidung auf Basis eines erhöhten α-Fehlers die Gefahr für die Wahl einer ungeeigneten Auswertungsmethode birgt. Somit wird eine α-Korrektur nach FWE (Family-Wise-Error-Correction: FWE-Korrektur; als standardmäßige α-Adjustierung in „SPM2“) auf dem 5%-Niveau festgelegt. Das Ergebnis des Vergleichs ist in Tabelle 4-17 eingetragen. In dieser Tabelle sind für jede Auswertungskombination solche Strukturen des OFK und des Temporallappens aufgeführt, welche in mindestens einer der Auswertungsvarianten signifikante Aktivierungen aufzeigten. Für jede Struktur ist der zugehörige t-Wert eingetragen, welcher sich bei der jeweiligen Auswertungsvariante ergab (der jeweils höchste t-Wert in einer Struktur über alle vier Auswertungsvarianten hinweg ist hervorgehoben).

Wie der Tabelle 4-17 zu entnehmen ist, erweist sich die Kombination „Realign & Unwarp“ / „mit Antizipation“ unter konservativen Bedingungen als die sensitivste Auswertungsalternative, da hier im Vergleich zu den anderen Kombinationen sowohl im OFK als auch im Temporallappen die deutlichsten Signale erfasst wurden. Somit wird in allen weiteren Auswertungen nur noch diese Auswertungsalternative eingesetzt.

Tabelle 4-17: Vergleich von t-Werten über die Auswertungskombinationen hinweg

Statistische Auswertung: Ereignis		Vorverarbeitung: Bewegungskorrektur Realign		Realign & Unwarp	
Antizipation einer motorischen Reaktion als zusätzliches Ereignis	Nein	OFK (0 60 -15):	6,17	OFK (0 60 -15):	6,34
		Temp. (45 9 -42):	4,84	Temp. (45 9 -42):	4,72
		Temp. (57 -9 -21):	5,17	Temp. (57 -9 -21):	5,12
		Temp. (51 -6 -36):	-	Temp. (51 -6 -36):	**4,76**
		Temp. (-60 -12 -18):	-	Temp. (-60 -12 -18):	4,81
	Ja	OFK (0 60 -15):	6,29	OFK (0 60 -15):	**6,46**
		Temp. (45 9 -42):	**4,95**	Temp. (45 9 -42):	4,83
		Temp. (57 -9 -21):	**5,27**	Temp. (57 -9 -21):	5,21
		Temp. (51 -6 -36):	4,69	Temp. (51 -6 -36):	4,71
		Temp. (-60 -12 -18): -	-	Temp. (-60 -12 -18):	**4,91**

4.2.2.2 Aktivierungen durch chemosensorische Reize

4.2.2.2.1 Aktivierungen durch „PEA“

In der Tabelle 4-18 bzw. Tabelle 4-19 sowie in der Abbildung 4-18 sind die Ergebnisse der Berechnung der Kontraste „PEA > Watte“ und „Watte > PEA“ eingetragen. Die anatomischen Bezeichnungen sind aus der SPM2-Funktion „automated anatomical labeling“ (Tzourio-Mazoyer, Landeau, Papathanassiou, Crivello, Etard, Delcroix, Mazoyer & Joliot, 2002) entnommen, bzw. nach eingehender Inspektion mit den Atlanten Mai, Assheuer und Paxinos, (1997) sowie Zilles und Rehkämper (1998) abgeglichen. Temporallappenaktivitäten, welche anterior zur Commisura anterior liegen, werden unter dem Label „Limbische Region“ zusammengefasst (Tzourio-Mazoyer et al., 2002). Eine Ausnahme hiervon gilt für den Hippokampus, welcher vollständig zur „Limbischen Region“ gezählt wird. Das Cerebellum erhielt ein eigenständiges Label. Die Darstellung von signifikanten Aktivierungen erfolgt in tabellarischer Form. Hierbei werden die stereotaktischen MNI-Koordinaten, die zugehörigen t- und p-Werte (korrigiert/unkorrigiert) abgegeben. Die Anordnung der lokalen Maxima innerhalb einer übergeordneten Region erfolgt über die Höhe der zugehörigen t-Werte. Lokale Maxima, welche als Teil eines Clusters identifiziert wurden, besitzen keinen zugehörigen k-Wert (k = Anzahl der zu dem Cluster aktiven Voxel) und sind in den Tabellen daran zu erkennen, dass die zugehörige anatomische Struktur weiter eingerückt ist. Weiter erfolgt eine Zuordnung der

lokalen Maxima zu Brodmann-Arealen[14]. Diese Form der Darstellung gilt für alle in dieser Arbeit folgenden tabellarischen Ergebnispräsentationen. Grundsätzlich werden alle Aktivierungen dargestellt ($k \geq 1$), deren zugehörige T-Werte die festgelegte Signifikanz erreichen. Die graphische Darstellung der Aktivierungen erfolgt über eine „Glashirndarstellung“ als standardmäßiger Ergebnisoutput in „SPM2“. Hierbei werden die Aktivierungen in ein transparentes Standardhirn projiziert, welches in sagittaler, horizontaler und transversaler Schnittebene dargestellt ist. Besonders interessante Ergebnisse werden mit der Software „MRIcro“ besondere Ergebnisse in ausgewählte Schichten dargestellt.

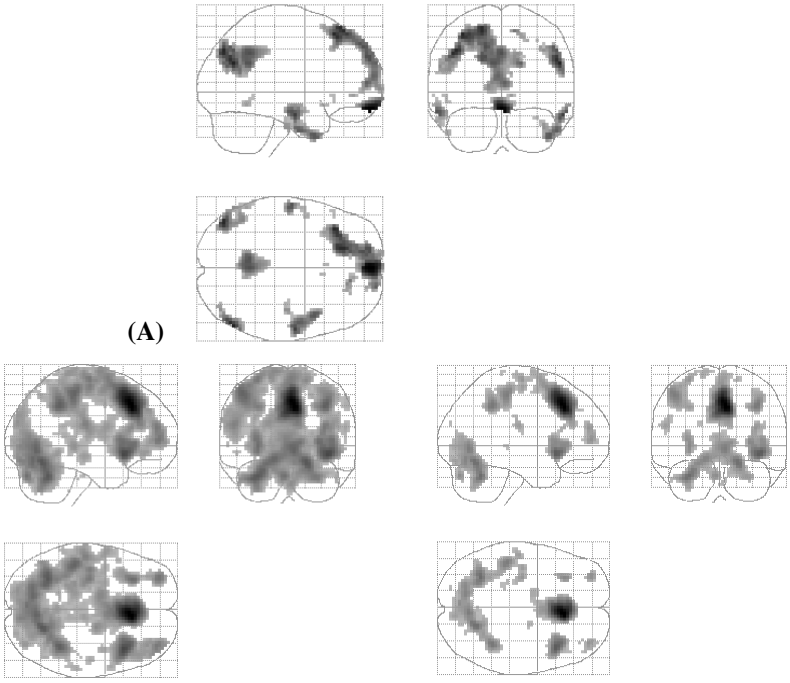
Aktivierungen im Kontrast „PEA > Watte“

Im Falle des Kontrastes „PEA > Watte“ zeigten sich signifikante Aktivierungen im medialen OFK links- wie rechtsseitig sowie weitere linksseitige großflächige Aktivitäten im Frontallappens, welche sich vom Gyrus frontalis medius (BA 9) bis in den Gyrus frontalis superior (BA 8) erstrecken. Es zeigten sich weiter Aktivierungen im limbischen Teil des linken Temporallappen (BA 20), welche zu einem Cluster gehören, dessen Ursprung im Gyrus temporalis medius (BA 20) liegt. Die Aktivierungen dieses Clusters erstrecken sich vom medialen Temporallappen über den entorhinalen Kortex bis zum Rand des Hippokampus, wie auch in der Abbildung 4-19 graphisch dargestellt ist. Zudem lassen sich bilaterale Aktivierungen im Gyrus subcallosum (BA 25) finden. Auffällig an der Aktivität im Parietallappen ist das aktive Cluster im Bereich des Precuneus (BA 23).

Aktivierungen im Kontrast „Watte > PEA“

Im Kontrast „Watte > PEA“ zeigten sich auf dem unkorrigierten 0,1% α-Niveau ausgedehnte Aktivierungen, welche sich über das gesamte Hirn erstreckten. Einen Eindruck dieser Aktivierungsmuster vermittelt die Abbildung 4-18. Das größte zusammenhängende Cluster bestand hier aus 3702 Voxeln. Aufgrund dieser schwer zu interpretierenden Effekte wurde der Kontrast erneut, jedoch α-korrigiert (FWE) auf dem 5%-Niveau berechnet. Wie der Tabelle 4-19 zu entnehmen ist, zeigte sich nach der α-Korrektur der Hauptteil der Aktivierungen im Gyrus frontalis medius / SMA, im Gyrus pre- und postcentralis, in der Insel sowie im Cerebellum.

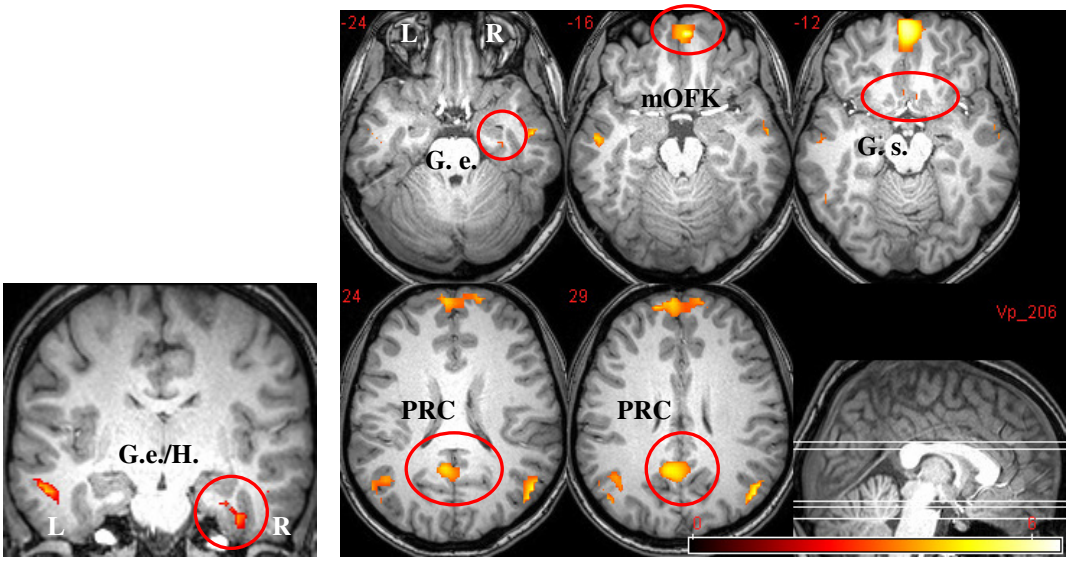
[14] Falls sich die Aktivierungen über mehrere Brodmann-Areale erstrecken, so werden bis zu maximal drei Areale angegeben. Aktivierungen außerhalb der Brodmann-Areale werden durch einen Längsstrich „-„ kenntlich gemacht. Die Reihenfolge, in welcher die Brodmann-Areale angegeben sind, entspricht der Entfernung des lokalen Maximums zum Areal.



(A)

(B) (C)

Abbildung 4-18: Glashirndarstellung, Aktivierungen im Kontrast
(A) „PEA > Watte“ unkorrigiert p = 0,001
(B) „Watte > PEA“ unkorrigiert p = 0,001
(C) „Watte > PEA“ α-korrigiert (FWE) p = 0,5



(A) (B)

Abbildung 4-19: Aktivierungen im Kontrast „PEA > Watte“ unkorrigiert p = 0,001; ausgewählte Schichten eines T1-Bildes einer Vp;
(A) koronare Schicht;
(B) transversale Schichten; rote Zahlen: z-Koordinate
G. ent: Gyrus entorhinalis
H: Hippokampus
mOFK: medialer Orbitofrontaler Kortex
G. sub: Gyrus subcallosum
PRC: Precuneus

Tabelle 4-18: Aktivierungen im Kontrast „PEA > Watte“

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
PEA > Watte	**Frontallappen**									
	medialer OFK	11	L	0	60	-15	129	6.47	0.000	0.000
	Gyrus frontalis medius	9	L	-36	27	54	598	5.67	0.000	0.000
	Gyrus frontalis superior	8	L	-18	36	57		5.62	0.000	0.000
	Gyrus frontalis superior	9	L	-15	60	33		4.99	0.000	0.010
	Gyrus frontalis superior, pars medius	8/9	R	12	42	57	12	4.33	0.000	0.152
	Gyrus frontalis superior	9	R	24	42	48		3.39	0.000	0.977
	Gyrus frontalis inferior	37	L	-57	-54	-12	11	3.63	0.000	0.844
	medialer OFK	10	R	9	45	-3	6	3.59	0.000	0.876
	Gyrus frontalis inferior, pars triangularis	38/-	L	-54	27	-3	6	3.22	0.001	0.997
	Temporallappen									
	Gyrus temporalis superior (zu Cluster Gyrus angularis)	39	R	57	-60	21		4.50	0.000	0.079
	Gyrus temporalis medius	20	R	57	-9	-21	145	5.21	0.000	0.004
	Gyrus temporalis inferior	20	R	51	-6	-36		4.72	0.000	0.033
	Gyrus temporalis medius	21	L	-60	-12	-18	47	4.92	0.000	0.014
	Gyrus temporalis medius	21	L	-60	-6	-27		3.48	0.000	0.945
	Parietallappen									
	Gyrus angularis	39	R	54	-66	27	113	5.77	0.000	0.000
	Gyrus angularis	39	R	51	-66	39		4.86	0.000	0.018
	Gyrus angularis	19	L	-42	-75	39	172	5.63	0.000	0.000
	Gyrus angularis	39	L	-45	-57	27		4.03	0.000	0.394
	Gyrus angularis	39/-	L	-57	-66	24		3.89	0.000	0.550
	Precuneus	23	-	0	-51	36	287	4.95	0.000	0.012
	Precuneus	30	R	9	-54	18		3.53	0.000	0.919
	Gyrus temporalis inferior	20	L	-48	3	-36	7	3.34	0.000	0.986
	Gyrus perietalis superior	7/-	R	33	-78	48	1	3.21	0.001	0.998
	Limbische Region									
	Gyrus temporalis inferior (Cluster Gyrus temporalis medius; BA 20)	20	R	45	9	-42		4.83	0.000	0.021
	Gyrus cinguli posterior (Cluster Precuneus)	23	L	-6	-51	27		4.91	0.000	0.014
	Gyrus subcallosum	25	R	6	15	-12	2	3.31	0.000	0.991
	Gyrus subcallosum	25	L	-3	21	-12	2	3.25	0.001	0.996

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; t-krit: 3,09

Tabelle 4-19: Aktivierungen im Kontrast „Watte > PEA“

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
Watte > PEA	**Zentrale Region**									
	Gyrus postcentralis	3	L	-45	-30	51	318	6.62	0.000	0.000
	Gyrus precentralis	6	L	-30	-15	66		5.87	0.000	0.000
	Gyrus postcentralis	48	L	-54	-18	21	35	5.55	0.000	0.001
	Gyrus postcentralis	4	L	-21	-33	75	4	4.71	0.000	0.035
	Frontallappen									
	Gyrus frontalis superior, pars medius		R	6	27	39	823	11.00	0.000	0.000
	SMA		L	-6	0	57		5.21	0.000	0.004
	Gyrus frontalis inferior, pars triangularis (Cluster zu Insula)		R	42	27	18		5.12	0.000	0.005
	Gyrus frontalis medius		L	-30	54	6	41	6.03	0.000	0.000
	Gyrus frontalis medius		R	36	51	18	62	5.86	0.000	0.000
	Gyrus frontalis medius		R	42	51	6		5.25	0.000	0.003
	SMA		L	-12	-6	75	25	5.19	0.000	0.004
	Gyrus frontalis superius		R	18	-9	66	8	5.08	0.000	0.007
	Gyrus frontalis medius		R	36	42	36	2	4.77	0.000	0.026
	Parietallappen									
	Gyrus parietalis inferior		R	39	-45	42	146	6.78	0.000	0.000
	Gyrus parietalis inferior		L	-30	-51	39		5.64	0.000	0.000
	Okzipitallappen									
	Gyrus lingualis (Cluster zu Cerebellum)		R	6	-69	-3		6.70	0.000	0.000
	Gyrus occipitalis superior		L	-18	-87	24	4	4.81	0.000	0.022
	Limbische Region									
	w. S./ Hippokampus		L	-27	-30	0	4	4.81	0.000	0.022
	Insula									
	Insula		R	39	18	-9	294	7.71	0.000	0.000
	Insula		L	-30	27	0	58	6.26	0.000	0.000
	Subkortikale Kerne									
	Putamen (Cluster zu Insula)		R	30	18	3		6.25	0.000	0.000
	Cerebellum									
	Cerebellum		L	-30	-57	-30	1002	7.17	0.000	0.000
	Cerebellum		R	18	-63	-15		7.14	0.000	0.000

$k \geq 1$; $p = 0{,}05$ FWE-korrigiert; t-krit: 4,62

ROI Analyse

Aufgrund der prominenten Rollen des PFK bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize sowie der Amygdala bei der Wahrnehmung olfaktorischer bzw. emotional bedeutsamer Reize (siehe Punkt 2.2.1.3) wurden für den PFK und die Amygdala jeweils eine ROI-Analyse über die Kontraste „PEA > Watte“ und „Watte > PEA“ berechnet. Diese Analyse erfolgt über das SPM2-Tool „WFU-Pick-Atlas“ (Download unter: www.fmri.wfubmc.edu/download.htm), wobei die anatomische Region der Amygdala aus dem WFU-Pick-Atlas übernommen wurde. Da für den PFK in dem SPM2-tool „WFU-Pick-Atlas“ keine standardmäßige ROI zur Verfügung steht, wurde hierfür nach eingehender Inspektion der anatomischern Bilder aller Vpn sowie im Abgleich mit dem Atlanten Mai et al. (1997) sowie der Arbeiten von Sobel et al. (2000) eine benutzerdefinierte bilaterale ROI angefertigt. Die Kontraste wurden auf einem unkorrigierten α-Niveau von 1% berechnet. Das Ergebnis der Analyse ist in Tabelle 4-20 eingetragen. Es ist zu erkennen, dass im Kontrast „PEA > Watte“ bilateral Aktivierungen in der Amygdala sowie rechtslateral im PFK aufgetreten sind, im Gegenkontraste „Watte > PEA“ ließen sich in den ROI´s keine Aktivierungen finden. In der Abbildung 4-20 ist das Ergebnis des Kontrastes „PEA > Watte“ unter Anwendung des liberaleren Signifikanzniveaus graphisch dargestellt.

Tabelle 4-20: Aktivierungen im PFK und Amygdala (ROI-Analyse) in den Kontrasten „PEA vs. Watte“

Vergleich	Areal Voxellevel		Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.
				x	y	z			
PEA > Watte	Amygdala		R	24	-9	-12	4	1.87	0,030
	Amygdala		L	-24	-9	-25	12	1.84	0,032
	Amygdala		L	-24	-3	-21		1.61	0,054
	Amygdala		R	27	3	-27	10	1.78	0,038
	PFK		R	24	-6	-12	5	1.87	0.031
Watte > PEA	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	PFK	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$ p = 0,1 unkorrigiert t-krit: 1,28

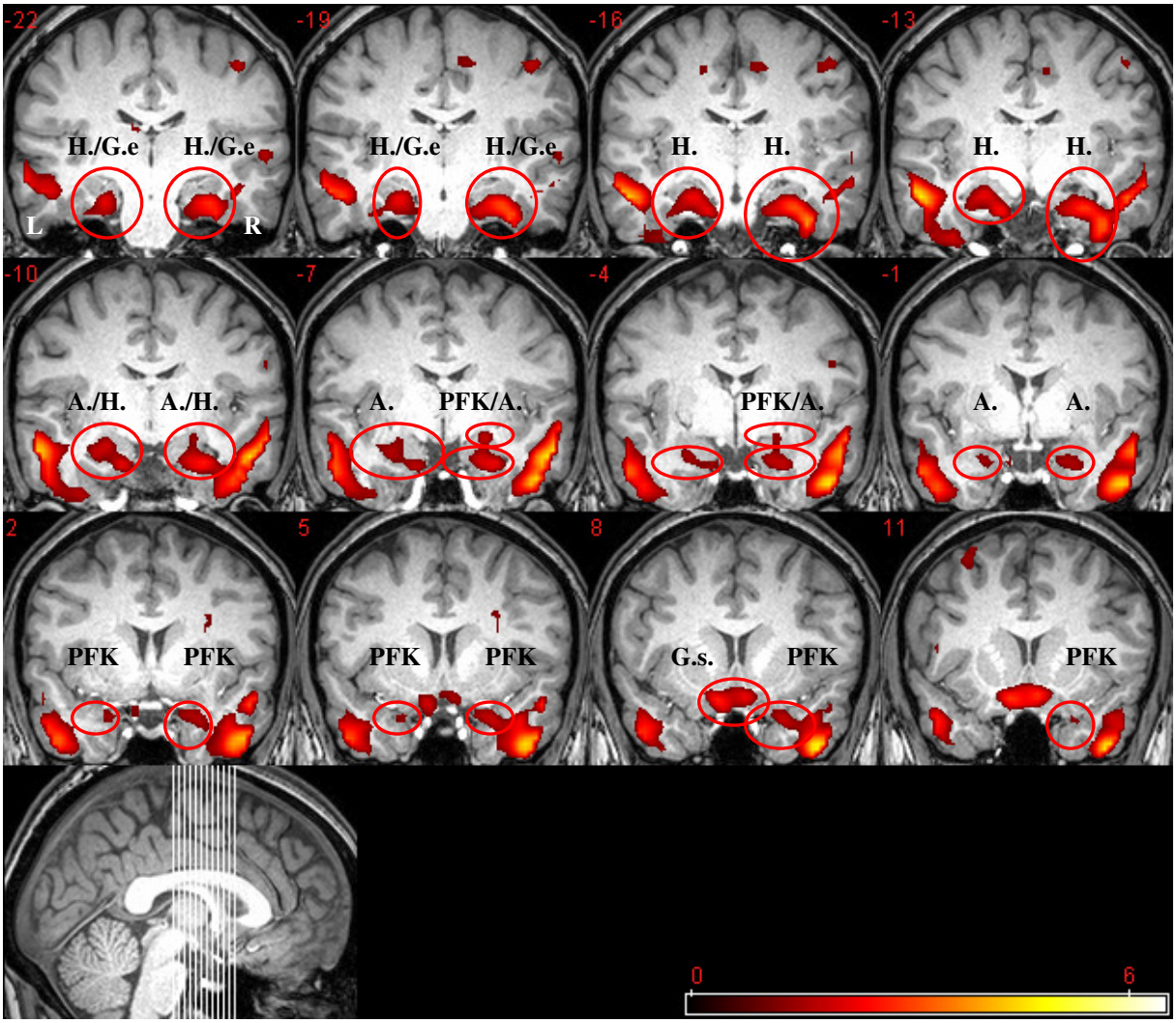


Abbildung 4-20: Aktivierungen im Kontrast „PEA > Watte“ unkorrigiert p = 0,1 in ausgewählten koronaren Schichten eines T1-Bildes einer Vp; rote Zahlen: y-Koordinate
A.: Amygdala
G.e.: Gyrus entorhinalis
G.s.: Gyrus subcallosum
H.: Hippokampus
PFK: Piriformer Kortex

4.2.2.2.2 Aktivierungen durch „Schweiß“

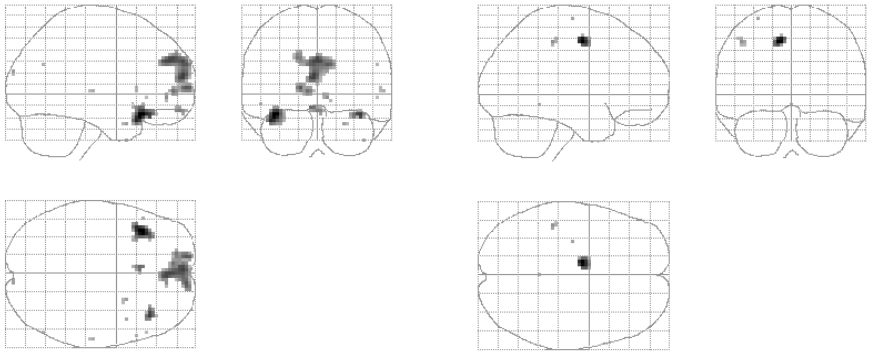
Aktivierungen im Kontrast „Schweiß > Watte“

Wie aus Tabelle 4-21 und Abbildung 4-21 sowie Abbildung 4-22 hervorgeht, zeigten sich im Kontrast „Schweiß > Watte“ hauptsächlich im Gyrus frontalis (BA 10/32) Aktivierungen sowie im lateralen OFK bilateral (BA 38). Weiter lassen sich Aktivierungen im limbischen Anteil des Temporallappens aufdecken (BA 38), welche teilweise einem Cluster im linken medialen OFK zugerechnet werden (BA 10). Des Weiteren ließen sich Aktivitäten im linken Gyrus

subcallosum beobachten. Hervorzuheben ist ein lokales Maximum, welches im Grenzbereich Amygdala, Hippokampus und entorhinaler Kortex liegt (BA 28).

Aktivierungen im Kontrast „Watte > Schweiß“

Der Tabelle 4-21 ist zu entnehmen, dass im Kontrast „Watte > Schweiß“ deutliche Aktivierungen im Gyrus cinguli medius sowie schwächere lokale Maxima im Gyrus pre- und postcentralis (BA 6/2) und im Cerebellum aufgetreten sind. Diese Aktivierungen sind in der Abbildung 4-21 und Abbildung 4-22 graphisch dargestellt.



(A) **(B)**

Abbildung 4-21: Glashirndarstellung, Aktivierungen unkorrigiert p = 0,001 im Kontrast
(A) „Schweiß > Watte“
(B) „Watte > Schweiß“

Tabelle 4-21: Aktivierungen im Kontrast „Schweiß vs. Watte“

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
Schweiß > Watte	**Frontallappen**									
	OFK lateral	38	L	-39	24	-18	88	4.67	0.000	0.039
	OFK lateral	38	R	39	30	-18	20	4.15	0.000	0.276
	Gyrus frontalis superior, pars medius	10	L	-3	60	18	294	4.09	0.000	0.324
	Gyrus frontalis superior, pars medius	32	-	0	48	30		4.07	0.000	0.349
	Gyrus frontalis superior, pars medius	10	L	-3	60	30		4.02	0.000	0.396
	OFK medial	11	-	0	57	-15	19	3.61	0.000	0.864
	OFK medial	10	R	9	45	-3	5	3.48	0.000	0.944
	OFK lateral	38	L	-51	24	-9	1	3.26	0.001	0.995
	Gyrus frontalis inferior, pars opercularis	45	R	57	18	3	2	3.15	0.001	0.999
	Gyrus frontalis inferior, pars triangularis	38	R	54	27	-3	1	3.10	0.001	1.000
	Parietallappen									
	Gyrus angularis	39	R	54	-66	27	1	3.17	0.001	0.999
	Okzipitallappen									
	Cuneus	18	R	9	-93	21	3	3.32	0.000	0.989
	Limbische Region									
	Gyrus temporalis superior (Cluster zu OFK l.at.)	38	L	-42	18	-24		4.28	0.000	0.178
	Gyrus subcallosum	11/25	L	-6	21	-12	9	3.76	0.000	0.703
	Amygdala / Hippokampus / Gyrus entorhinalis	28	R	24	9	-27	3	3.35	0.000	0.984
	Gyrus temporalis medius	20	R	42	9	-42	1	3.28	0.001	0.994
	Gyrus temporalis superior	22	R	60	-21	3	2	3.23	0.001	0.997
Watte > Schweiß	**Zentrale Region**									
	Gyrus postcentralis	2	L	-45	-33	48	7	3.40	0.000	0.975
	Gyrus precentralis	6	L	-30	-15	69	1	3.27	0.001	0.994
	Limbische Region									
	Gyrus cingularis medius	-	L	-12	-6	48	36	4.50	0.000	0.080
	Cerebellum									
	Vermis 3/4/5	-	-	0	-45	-9	1	3.21	0.001	0.998

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; t-krit: 3,09

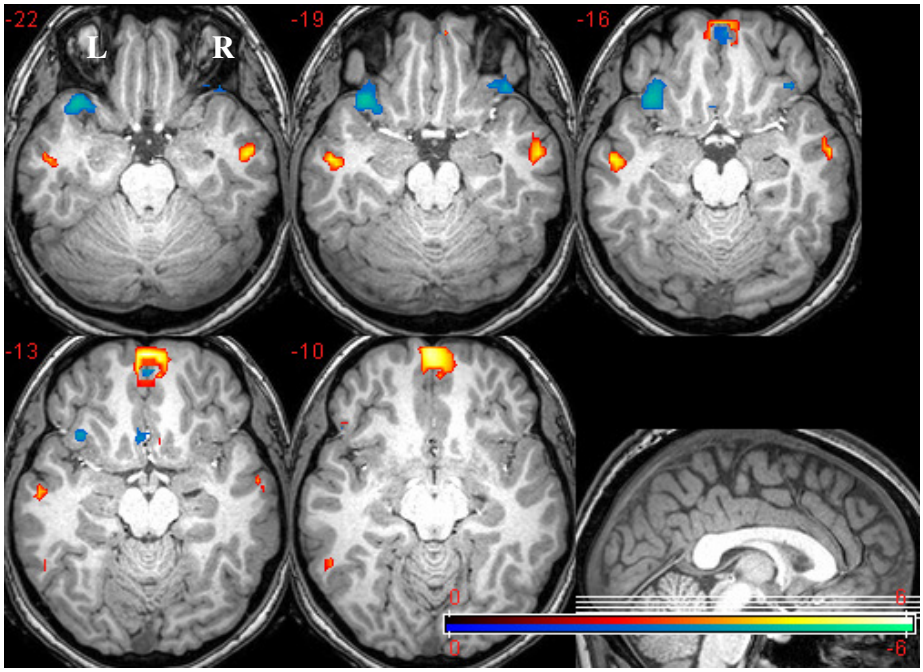


Abbildung 4-22: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) im Kontrast **„PEA > Watte“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Schweiß > Watte“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten transversalen Schichten eines T1-Bildes einer Vp; rote Zahlen: z-Koordinate

4.3 Diskussion

Da MR-kompatible Olfaktometer noch nicht standardmäßig vertrieben werden, müssen diese für die Untersuchung chemosensorischer Wahrnehmungsprozesse am MR-Scanner in Eigenbau hergestellt werden. In dieser eigenständigen Voruntersuchung sollte überprüft werden, ob mit Hilfe des in enger Anlehnung an Lorig und Mitarbeiter (1999) konstruierten MR-O chemosensorische Reize zuverlässig dargeboten werden können. Zudem sollten in der Voruntersuchung Auswertungsparameter für die Analyse der funktionellen Bilder optimiert werden.

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl bildgebender Studien, um verlässliche Aussagen darüber treffen zu können, welche Hirnregionen des primären und sekundären olfaktorischen Kortex bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize aktiviert werden. Zu diesen Regionen können der OFK, der PFK, die Amygdala und entorhinale/hippokampale Strukturen (siehe z.B. Zelano & Sobel, 2005 oder Sobel et al., 2003; im Kapitel 2.2.1 wurde hierauf ausführlicher eingegangen). In dieser Voruntersuchung wurden ein vorwiegend olfaktorischer Reiz (2-Phenylethylalkohol; „PEA“), ein Kontrollreiz (in Form des Geruchsträgers „Watte“) sowie auf explorativer Ebene der Achselschweiß männlicher Spender („Schweiß“) über das MR-O dargeboten. Es wurde vermutet, dass „PEA“ gegenüber der Kontrollbedingung als intensiver eingeschätzt und während des Scanvorgangs häufiger als Geruch identifiziert wurde. Zudem wurde vermutet, dass „PEA“ und „Watte“ unterschiedlich hinsichtlich ihrer Geruchsquantität („Angenehmheit“, „Unangenehmheit“ und „Bekanntheit“) beschrieben werden sowie auf den Skalen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit während der Wahrnehmung der chemosensorischen Reize entlang des „SAM“ („Valenz“, „Arousal“ und „Dominanz“) unterschiedlich eingeschätzt werden. Auf der Ebene der Bildgebung wurde vermutet, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ in solchen Regionen vermehrte Aktivierungen hervorruft, welche bekanntermaßen an der Wahrnehmung olfaktorischer Reize beteiligt sind. Hierzu können vor allem der OFK, der PFK, die Amygdala sowie entorhinale/hippokampale Bereiche gezählt werden.

Die Auswertung der subjektiven Daten ergab, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ wie erwartet als intensiver eingeschätzt und während des Scanvorgangs häufiger als Geruch wahrgenommen wurde („PEA“ wurde in nahezu 100% aller Darbietungen als olfaktorischer Reiz detektiert, „Watte“ hingegen nur in weniger als 25% der Fälle; die Detektierbarkeit der Reize veränderte sich über den gesamten Scanvorgang nicht). „PEA“ wurde gegenüber „Watte“ als bekannter und als tendenziell angenehmer beschrieben, wie aus den gleichnamigen Skalen zur

Geruchsquantifizierung hervorgeht. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Wahrnehmung von „PEA“ gegenüber „Watte“ tendenziell zu einer Steigerung der emotionalen Stimmung und des Erregungsgrades führte, wie das Antwortverhalten auf den Skalen „Valenz“ und „Arousal“ des SAM zeigte. Somit ließen sich die meisten Hypothesen bezüglich der subjektiven Daten bestätigen. Die Tatsache, dass nicht alle Hypothesen bestätigt wurden bzw. nicht immer die geforderte Signifikanzgrenze erreichten, ist vor allem auf die relativ geringe Stichprobengröße von N = 8 zurückzuführen. Darüber hinaus zeigte sich entlang der Skalen des Fragebogens „Basisemotionen“, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ tendenziell mehr Freude und Überraschung aber auch mehr Ekel auslöste. Zudem wurde beobachtet, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ häufiger als „blumig“ charakterisiert wurde. Somit lässt sich zusammenfassen, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ intensivere geruchliche Eigenschaften aufwies, wobei „PEA“ überwiegend als angenehmer, blumiger Geruch beschrieben wurde - Eigenschaften, welche typischerweise mit „PEA“ assoziiert werden (Pause 2004a). Es kann also daraus geschlossen werden, dass das MR-O in der Lage ist, olfaktorische Reize zuverlässig über das gesamte Experiment darzubieten.

Auf der Ebene der funktionellen Bilder wurde gezeigt, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ vermehrte BOLD-Aktivitäten im medialen OFK, im Hippokampus (rechtsseitig), im Gyrus entorhinalis (rechtsseitig) sowie tendenziell im PFK (rechtsseitig) und in der Amygdala (bilateral) hervorrief. Hierbei handelt es sich um solche Strukturen des primären und sekundären olfaktorischen Kortex, welche in Studien zur Wahrnehmung olfaktorischer Reize mit Hilfe bildgebender Verfahren immer wieder beschrieben werden und in diesem Sinne als „Standardaktivierungsmuster“ bei der Untersuchung olfaktorischer Wahrnehmungsprozesse zu bezeichnen sind (Anderson et al., 2003; de Araujo et al., 2005; Gottfried, Deichmann et al., 2002; Gottfried, O´Doherty et al., 2002; Rolls, Kringelbach, de Araujo, 2003; Royet et al., 1999; 2001; 2003; Gottfried et al., 2002; Fulbright et al., 1998; Levy et al., 1997; O´Doherty et al., 2000; Poellinger et al., 2001; Qureshy et al., 2000; Savic, 2001; 2002; Savic et al., 2000; 2001; 2002a, b; Smejkal et al., 2003; Sobel et al., 1998; 2000; Wang, Eslinger, Smith & Yang, 2005; Zald & Pardo, 1997; Zatorre et al., 1992; 2000; Zelano et al., 2005). Die Tatsache, dass hippokampale und entorhinale Aktivität nur rechtsseitig nachgewiesen wurde, steht vermutlich im Zusammenhang mit der Art der Aufgabenstellung. So führen Bewertungen mit emotionaler Komponente eher zu linksseitiger, hingegen Bewertungen ohne emotionale Komponente – wie es auch hier in der vorliegenden Studie der Fall war – eher zu rechtsseitiger hippokampaler/entorhinaler Aktivität (Royet & Plailly, 2004). Die eher schwachen Akti-

vierungen im PFK sind höchstwahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass Aktivität in weiten Bereichen des PFK schon grundsätzlich durch das bewusste „Riechen“ („Sniffing“) hervorgerufen wird (Sobel et al., 1998; 2000; Zelano & Sobel, 2005). Da sowohl in der Geruchsbedingung als auch in der Kontrastbedingung per Instruktion ein „Sniffing“ vorgegeben wurde, ist die schwache PFK-Aktivierung im Kontrast „PEA > Watte“ durch die Art der Instruktion erklärbar. Die bilateralen amygdaloiden Aktivierungen wurden ebenfalls nur unter Anwendung eines liberaleren Signifikanzniveaus sichtbar. Wie wiederholt gezeigt wurde, wird die Aktivität der Amygdala nicht nur durch die Intensität, sondern auch durch die hedonische Eigenschaft eines olfaktorischen Reizes moderiert. So rufen unangenehme Reize stärkere Amygdala-Aktivierungen hervor, als angenehme (siehe Zald, 2003). Da „PEA“ gegenüber der Kontrastbedingung als angenehmer Geruch beschrieben wurde, sind die eher schwächer sichtbaren Amygdala-Aktivitäten im Kontrast „PEA > Watte“ auf die positiven hedonischen Eigenschaften von „PEA“ zurückzuführen. Darüber hinaus scheint sich in den funktionellen Bildern ein eindeutiger Valenzeffekt widerzuspiegeln: In der Literatur wird konsistent auf einen positiven Zusammenhang zwischen der subjektiv erlebten Valenz eines chemosensorischen Reizes und den Aktivierungen im medialen OFK hingewiesen (Anderson et al., 2003; Rolls, Kringelbach & de Araujo, 2003; Royet & Plailly, 2004). Auch in dieser Untersuchung wurde gezeigt, dass „PEA“ als angenehmer Reiz gegenüber „Watte“ im medialen OFK vermehrte Aktivierungen hervorrief. Weiter zeigten sich im Kontrast „PEA > Watte“ deutliche bilaterale Aktivierungen im Precuneus. Diese parietale Struktur sowie der weiter okzipital gelegene Cuneus werden mit der Wiedererkennung von bekannten Gerüchen in Verbindung gebracht (Qureshy et al., 2000; Royet et al., 1999; Savic, 2000; 2003; Savic & Berglund, 2003). Beachtet man das Rating auf der Skala „Bekanntheit“ so zeigt sich, dass „PEA“ im Vergleich zu „Watte“ als bekannter eingeschätzt wurde. Somit lassen sich die Aktivierungen im Precuneus eindeutig mit dem subjektiven Antwortverhalten in Verbindung bringen. Darüber hinaus wurden bilaterale Aktivierungen im Gyrus subcallosum gefunden – eine Region, welche ebenfalls immer wieder mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht wurde (Anderson et al., 2003; Royet et al., 2000).

Im Kontrast „Watte > PEA“ fielen vor allem die großflächigen Aktivierungen auf, welche sich über weite Teile des Hirns erstreckten. Es ist zu vermuten, dass die grundsätzlich erhöhte Aktivität im Kontrast „Watte > PEA“ im Vergleich zu „PEA > Watte“ auf eine Hypoaktivierung infolge der Wahrnehmung des olfaktorischen Standardreizes zurückzuführen ist. Auf die Tatsache, dass modalitätsunabhängig in einer neutralen Kontrollbedingung vermehrte Aktivierungen gegenüber einer emotionalen Experimentalbedingung zu beobachten

sind, wiesen Royet et al. (2000) in einer Überblicksarbeit hin. Insgesamt fällt auf, dass im Kontrast „Watte > PEA“ hauptsächlich solche Strukturen aktiv sind, welche mit motorischer Aktivität in Verbindung gebracht werden: Hierzu gehören das SMA, der Bereich vom Gyrus precentralis bis zum Gyrus postcentralis sowie das Cerebellum. Es ist zu vermuten, dass diese Aktivierungen eine motorische Antizipation zur Abgabe einer Rückmeldung widerspiegeln. So könnte im Falle der Wahrnehmung von „Watte“ unmittelbar nach Beginn der Inhalation, deutlich geworden sein, dass kein Geruch vorhanden ist, wodurch die Aufmerksamkeit sofort auf eine motorische Reaktion gelenkt wird. Im Falle der Wahrnehmung von „PEA“ ist zu vermuten, dass die Aufmerksamkeit zunächst auf der olfaktorischen Sensation lag und somit die Antizipation der motorischen Reaktion erst zu einem späteren Zeitpunkt einsetzte und daher weniger deutlich im Kontrast „PEA > Watte“ als im Kontrast „Watte > PEA“ zu beobachten ist[15]. Eine Diskussion zu diesem Thema findet sich auch bei Poellinger und Mitarbeitern (2001).

Es lässt sich zusammenfassen, dass sowohl auf der Ebene der subjektiven als auch auf der Ebene der funktionellen Daten solche Effekte erzielt werden, welche vorhersagbare bzw. nachvollziehbare Prozesse der Wahrnehmung olfaktorischer Reize widerspiegeln. Bei der Bewertung der Befunde ist darauf zu achten, dass diese Effekte an einer relativ kleinen Stichprobe von N = 8 gezeigt wurden, so dass auch die Interpretation von tendenziellen Effekten als gerechtfertigt erscheint. Somit kann darauf geschlossen werden, dass die hier verwendete Methode (Administration der Reize über das MR-O, fMRT-Aufzeichnungsparameter, fMRT-Auswertungsmethode) als valide zu beschreiben ist und damit die Methodenvalidierung erfolgreich abgeschlossen werden kann.

Auf explorativer Ebene wurden die subjektive Einschätzung des menschlichen Chemoreizes „Schweiß“ sowie die Veränderung der BOLD-Reaktion infolge der Wahrnehmung von „Schweiß“ erfasst. Die Auswertung der subjektiven Daten ergab, dass „Schweiß“, welchen fünf von acht Vpn erfolgreich detektierten, gegenüber „Watte“ als intensiver, bekannter sowie tendenziell unangenehmer Reiz beschrieben wurde.

Die Darbietung von menschlichen chemosensorischen Reizen führte gegenüber „Watte“ vor allem in frontalen Regionen zu vermehrten Aktivierungen: im medialen Anteil des Gyrus frontalis superior und im OFK medial wie lateral - am stärksten im linken lateralen

[15] Es sei noch mal darauf verwiesen, dass eine Antizipation an eine motorische Reaktion ein Ereignis darstellt, welches sich maßgeblich in den funktionellen Daten widerspiegelt, wie bereits unter Punkt 4.1.9.2 deutlich wurde.

OFK. Zudem ließ sich ein lokales Maximum im Grenzbereich der Amygdala, des Hippokampus und des Gyrus entorhinalis rechtsseitig finden. Da der laterale OFK unter anderem mit der Wahrnehmung von unangenehmen olfaktorischen Reizen in Verbindung gebracht wird (Anderson et al., 2003; Rolls et al., 2003; Royet et al., 2003) und „Schweiß“ im Vergleich zu „Watte“ als unangenehmer bewertet wurde, ist die laterale OFK-Aktivierung möglicherweise als das Ergebnis eines Valenz-Effekts zu interpretieren. Gegen einen reinen Valenzeffekt sprechen jedoch die zusätzlichen schwächeren Aktivierungen im medialen OFK, welcher mit der Wahrnehmung angenehmer Reize in Verbindung gebracht wird (s.o.). Wie im Falle des Standardgeruchs bewirkte der „Schweiß“ vermehrt Aktivität im Gyrus subcallosum (hier jedoch nur linksseitig). Im Gegenkontrast („Watte > Schweiß“) wurden wie auch bei der Kontrastierung „Watte > PEA“ vermehrte Aktivierungen in motorischen Bereichen (Gyrus prä-/postzentralis und im Cerebellum) beobachtet. Diese Aktivierungen können, wie bereits oben schon besprochen, damit erklärt werden, dass während der Darbietung von „Watte“ bereits eine motorische Antwort antizipiert wird, hingegen während der Wahrnehmung von „Schweiß“ der chemosensorische Sinneseindruck überwog.

Bei einem Vergleich der Aktivierungsmuster der Kontraste „PEA > Watte“ und „Schweiß > Watte“ fällt auf, dass „PEA“ gegenüber „Schweiß“ zu umfangreicheren Aktivierungen führt, wie sich an Hand der Anzahl der lokalen Maxima und den zugehörigen t-Werten feststellen lässt. Darüber hinaus scheinen die Hypoaktivierungen durch den Standardgeruch im Vergleich zum „Schweiß“ ausgeprägter zu sein (vgl. Anzahl lokaler Maxima und zugehörige t-Werte in den Kontrasten „Watte > PEA“ und „Watte > Schweiß“). Aus diesen Befunden lässt sich schließen, dass bei der Darbietung menschlicher Chemosignale mit grundsätzlich weniger ausgeprägten Aktivierungen zu rechnen ist. Es lässt sich jedoch festhalten, dass die Amygdala und der mediale/laterale OFK Strukturen des primären bzw. sekundären olfaktorischen Kortex sind, welche an der Wahrnehmung menschlicher chemosensorischer Reize beteiligt sein könnten.

5 Methoden

5.1 Stichprobe der Versuchspersonen

Die Stichprobe der Vpn setzte sich aus Studenten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zusammen, welche über Aushänge (siehe Anhang Hauptversuch: Teilnehmeraufruf) akquiriert wurden. Sie erhielten für ihre Teilnahme ein Vergütung wahlweise in Form von 10 € oder zwei Versuchspersonenstunden, welche im Grundstudium der Psychologie von Studenten obligatorisch abzuleisten sind. Zudem erhielten die Teilnehmer eine CD mit den anatomischen Darstellungen ihres Gehirns.

Da die Voraussetzungen zur Teilnahme am Versuch denen entsprachen, welche auch für die Untersuchung zur Methodenvalidierung festgelegt wurden, wird für eine detaillierte Ausführung der Eingangskriterien auf Punkt 4 verwiesen. Die Eingangskriterien betrafen Alter, Abstammung, Rauchverhalten, Händigkeit, Schwangerschaft, Zyklus, chronische und akute Erkrankungen/Medikation, Operationen oder Verletzungen am Schädel, psychiatrische Erkrankungen, akute psychische Erkrankungen (u.a. Agoraphobie, Soziale Ängstlichkeit), genereller/akuter Drogenkonsum, Riechfähigkeit und „MR-Tauglichkeit“. Einzig von der Methodenvalidierung abweichend wurde in der Hauptuntersuchung auf einen Nachweis einer aktuell nicht eingeschränkten olfaktorischen Wahrnehmung mittels Detektionstest verzichtet. Wie bereits unter Punkt 2.2.3 beschrieben, wird die Wahrnehmung sozialrelevanter Chemosignale nicht mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize gleichgesetzt. Die erfolgreiche Detektion eines chemosensorischen Standardreizes ist somit keine notwenige Eingangsbedingung. Wohl aber wurden nur solche Personen zum Versuch zugelassen, welche eigenen Angaben nach weder eine grundsätzlich veränderte Riechfähigkeit aufweisen noch an einer akuten Erkrankungen der oberen Atemwege am Versuchstage litten.

Auf die Aufrufe zur Teilnahme meldeten sich 81 Personen, von welchen 51 aufgrund der oben beschriebenen Eingangskriterien ausgeschlossen wurden. Die Tabelle 5-1 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Gründe, aus welchen Personen nicht zur Studie zugelassen wurden. Von den verbliebenen 30 Vpn wurden die Daten zweier Personen (ein Mann, eine Frau) nach der fMRT-Messung von der Auswertung ausgeschlossen. Bei beiden Personen wurden hirnanatomische Anomalien in Form von erweiterten Liquorräumen gefunden, welche in ihrem Ausmaß nicht mehr als Normvarianten zu beschreiben waren.

Tabelle 5-1: Übersicht über das Zutreffen von Ausschlusskriterien

Grund (Kriterium)	Anzahl der Personen, auf welche das Kriterium zutraf
Alter > 39 (a)	1
Außereuropäische Abstammung (b)	3
Raucher (c)	6
Keine eindeutige Rechtshändigkeit (d)	3
Krankheiten (f)	7
Schwangerschaft/ unregelm. Zyklus (e)	4
Medikamente (g)	2
Operationen/ Verletzungen am Kopf (h)	10
Psychiater (i)	3
Agoraphobie/ Panikattacken/ Platzangst (j)	2
Soziale Ängstlichkeit (n)	7
Technische Probleme	1
Metallgegenstände (o)	3
Sonstiges (persönliche oder terminliche Gründe)	2
Hirnanatomische Anomalien	2

Die Stichproben der verbleibenden Vpn setzten sich aus 28 Personen (14 Männer und 14 Frauen; alle rechtshändig) zusammen. Die wichtigsten quantitativen Daten der Vpn sind mit den Parametern Mittelwert (M), Standardabweichung (SD) und Range in Tabelle 5-2 eingetragen. Eine Übersicht über alle Angaben der Vpn bezüglich der Eingangsvoraussetzungen befindet sich in Tabelle 10-1 im Anhang. Insgesamt gaben vier Vpn an, an Allergien, Heuschnupfen bzw. an Neurodermitis zu leiden. In allen Fällen lag jedoch eine akute Symptomatik mindestens vier Monate zurück und in keinem Fall berichteten die Vpn von einem behandlungsbedürftigen Erkrankungsgrad. Aufgrund dieser Symptomlage wird das Kriterium „keine chronische Erkrankung“ als erfüllt angenommen. Ein Vp gab an, am Versuchstage akut „Husten“ gehabt zu haben und eine Tablette Aspirin eingenommen zu haben. Da die Vp jedoch weiter keinerlei Symptome aufwies und sich ansonsten körperlich wohl fühlte, wurde diese Vp nicht vom Versuch ausgeschlossen. Bis auf einen Mann gaben alle Vpn an, Nichtraucher zu sein. Mit jedoch durchschnittlich einer Zigarette pro Monat ist das Rauchverhalten des Gelegenheitsrauchers als unbedeutend zu werten. Es lässt sich zusammenfassen, dass alle Eingangsvoraussetzungen als erfüllt zu betrachten sind.

Tabelle 5-2: Übersicht über quantitative Daten der Vpn

Variable	Vpn		M	SD	Range
Alter	Männer	14	22,57	2,59	19-30
	Frauen	14	21,86	3,21	20-30
	gesamt	28	22,21	2,88	19-30
SIAS	Männer	14	9,71	4,63	1-16
	Frauen	14	10,36	5,14	3-17
	gesamt	28	10,04	4,81	1-17
MRI-FFS	Männer	14	0,02	0,06	0-0,22
	Frauen	14	0,02	0,06	0-0,22
	gesamt	28	0,02	0,06	0-0,22
STAI-X1 MR	Männer	14	32,00	5,45	25-41
	Frauen	14	36,14	8,94	23-53
	gesamt	28	34,07	7,57	23-53
Versuchsdauer in h; min	gesamt	28	2;09	0;19	1;45-3;05

Vergleich männlicher und weiblicher Vpn

Wie in Tabelle 5-3 zu ersehen, ergab der Vergleich der quantitativen Variablen Alter, SIAS, MRI-FSS und STAI-X1 zwischen männlichen und weiblichen Vpn mittels t-Test für unabhängige Stichproben keinen signifikanten Mittelwertsunterschied. Auch unterschieden sich die Anzahl der Stunden Schlaf vor der Sitzung sowie die Versuchdauer nicht signifikant voneinander. Es zeigte sich, dass Frauen im Vergleich zu Männern angaben, generell weniger Alkohol zu trinken [$t(26) = -2,48$; $p = 0,02$]. Bezüglich der Angaben Alkoholkonsum vor dem Versuchstage gab eine Frau an, Wein getrunken zu haben, hingegen drei Männer, Bier konsumiert zu haben (siehe auch Tabelle 10-1 im Anhang). Diese Unterschiede im regelmäßigen bzw. aktuellen Alkoholkonsum zwischen Männern und Frauen werden jedoch für diese Untersuchung als nicht bedeutsam bewertet, da sich der Konsum in beiden Gruppen als moderat beschreiben lässt: die Männer gaben an, durchschnittlich 2,4 (SD = 1,9; Range: 0-6) Gläser Alkohol pro Woche zu trinken und die Frauen durchschnittlich 0,98 (SD = 0,95; Range: 0-3) Gläser Alkohol pro Woche zu trinken. Bis auf den Alkoholkonsum am Tage vor dem Versuch zeichneten sich bei keinem weiteren Eingangskriterium geschlechtsspezifische Effekte ab (siehe Tabelle 10-1 im Anhang).

Tabelle 5-3: Ergebnis t-Test für unabhängige Stichproben des Vergleichs Männer vs. Frauen

Variable	M-Diff	t-Wert	df	p (2-s)
Alter	-0,71	-0,65	26	0,523
SIAS	0,64	0,35	26	0,731
MRI-FFS	0,01	0,34	26	0,737
STAI-X1	4,14	1,48	26	0,151
Alkohol in Gläsern pro Woche	-1,41	-2,48	26	**0,020**
Schlaf vor Sitzung in h	0,14	0,31	26	0,762
Versuchsdauer in h	0,18	1,50	26	0,146

5.2 Material

5.2.1 Chemosensorische Reize

Als chemosensorische Reize sollen die Achselschweißproben von Männern und Frauen eingesetzt werden, welche sich in zwei emotional unterschiedlichen Situationen befunden haben. Die Spendesituationen sollen derart realisiert werden, als dass zum einen in einer angstbesetzten Situation mit hoch sozialem Charakter und zum anderen in einer gleichsam erregenden, jedoch angstfreien Kontrollsituation ohne soziale Bedeutsamkeit Achselschweißproben erhoben werden. Als weiterer chemosensorischer Reiz soll die Trägersubstanz (Watte), mit Hilfe derer die Achselschweißproben gesammelt wurden, eingesetzt werden.

5.2.1.1 Stichprobe der Schweißprobenspender

Die Schweißproben stammten von 28 männlichen und 21 weiblichen Studenten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Potentielle Spender wurden über Aushänge akquiriert. Für ihre Teilnahme erhielten die Spender eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 70,- €.

Auf die Aufrufe zur Achselschweißspende hin bewarben sich 203 Personen von welchen jedoch aufgrund der unten aufgeführten Voraussetzungen insgesamt 154 Personen von der Spende ausgeschlossen wurden. Zum leichteren Verständnis sei vorab erwähnt, dass die Voraussetzungen a-p in einem telefonischen Erstgespräch und die Voraussetzung p in einem persönlichen Vorgespräch erhoben wurden. Die Voraussetzungen r-u betrafen den Ablauf der Spende selber.

Eingangsvoraussetzungen:

a) Es wurden nur Personen als Spender akzeptiert, welche sich vor einer akademischen Zwischen- oder Abschlussprüfung befanden.
b) Aufgrund möglicher Kultureffekte der Körpergeruchsproduktion wurden solche Personen von der Spende ausgeschlossen, welche eigenen Angaben nach nicht europäischer Anstammung waren.
c) Frauen sollten eigenen Angaben nach weder schwanger sein, noch sollten sie einen unregelmäßigen Menstruationszyklus haben (akzeptiert wurden Zyklusschwankungen von ± 3 Tage der individuellen durchschnittlichen Dauer).
d) Personen, welche eigenen Angaben nach aufgrund von Ein-/Schlafstörungen oder beruflich bedingter Nacht- oder Wechselschichtarbeit keinen regelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus aufwiesen, wurden als Spender nicht akzeptiert. Somit sollte vermie-

den werden, Personen mit einer unregelmäßigen zirkadianen Hormonrhythmik in die Spende aufzunehmen.

e) Personen, welche eigenen Angaben nach regelmäßig systemisch wirkende Medikamente einnahmen, wurden von der Spende ausgeschlossen.

f) Es wurden nur solche Personen als Spender akzeptiert, welche sich eigenen Angaben nach entweder Nichtraucher oder Gelegenheitsraucher (durchschnittlich weniger als sieben Zigaretten in der Woche) beschreiben.

g) Eine chronische Einnahme von Drogen oder Alkohol führte zum Ausschluss.

h) Eine körperliche Behinderung führte zum Ausschluss.

i) Das Alter der Spender wurde zwischen 18 und 40 Jahren festgesetzt.

j) Das Vorliegen von Krankheiten, welche den Körpergeruch beeinflussen können, führte zu einem Ausschluss von der Spende. Zu diesen Krankheiten gehörten: Hyperhidrosis, Infektionen, Regionale Erkrankungen oder Vernarbungen der Achselhöhle, Parasitenbefall, Stoffwechselstörungen, hormonelle Erkrankungen, neurologische Erkrankungen, immunologische Erkrankungen und Schizophrenie.

k) Herz-Kreislauf-Beschwerden führten zum Ausschluss von der Spende.

l) Das Vorliegen einer Affektiven -, Angst- oder Essstörung führte zum Ausschluss von der Spende.

m) Personen, welche eigenen Angaben nach einen Body-Maß-Index (Gewicht in kg / Größe in m^2) von weniger als 19 bzw. mehr als 29 aufwiesen, wurden von der Spende ausgeschlossen.

n) Personen, welche eigenen Angaben nach bis zu sieben Tage vor den Spenden an Orten arbeiteten, an welchen starke Gerüche auftreten können, wurden nicht zur Spende zugelassen.

o) Personen, welche eigenen Angaben nach bis zu sieben Tage vor den Spenden regelmäßigen Kontakt mit Chemikalien hatten, wurden von der Spende ausgeschlossen.

p) Personen, welche eigenen Angaben nach einen auffälligen Körpergeruch besitzen, wurden von der Spende ausgeschlossen.

Aufgrund der Voraussetzungen a-p wurden von den 203 kontaktierten Personen 104 Personen nicht zur persönlichen Vorbesprechung für die Schweißspende zugelassen. 99 Personen (50 Männer und 49 Frauen) wurden zum persönlichen Vorgespräch bestellt, in welchem die Voraussetzung q überprüft wurde.

q) Personen, welche sich als generell hoch ängstlich bzw. speziell in sozialen Situationen als klinisch bedeutsam ängstlich beschrieben, wurden von der Spende ausgeschlossen. Eine generelle Ängstlichkeit wurde mittels des Teils der deutschsprachigen Adaptation des „State-Trait-Anxiety-Inventory“ erfasst, welcher Ängstlichkeit als Persönlichkeitseigenschaft abbildet (STAI Form X2; siehe Punkt 5.2.1.2.2.1). Von der Spende wurde ausgeschlossen, wenn auf der besagten Skala ein Wert erreicht wurde, welcher 1,5 Standardabweichungen über dem Eichstichprobenmittelwert lag (Männer: M = 34,45; SD = 8,83; Cut-off: 48; Frauen: M = 37,01; SD = 9,95; Cut-off: 52). Eine klinisch bedeutsame Ängstlichkeit vor sozialen Situationen wurde mit Hilfe der deutschsprachigen Adaptation des „Social Phobia and Anxiety Inventory“ (SPAI; Fydrich, 2002) erfasst. Potentielle Spender und Spenderinnen, welche hier einen Gesamtwert von einschließlich 2,6 oder höher erreichten, wurden von der Spende ausgeschlossen. Dieser Wert entspricht dem Mittelwert der Eichstichprobe + 1 SD (M = 1,72; SD = 0,9). Ab diesem Grenzwert sind mit höherer Wahrscheinlichkeit die Kriterien für eine Diagnose einer Sozialen Phobie erfüllt (Fydrich, 2002). Insgesamt wurden aufgrund dieser Fragebogenergebnisse sieben Männer (4 x STAI, 1 x SPAI und 2 x STAI & SPAI) und 3 Frauen (2 x SPAI, 1 x STAI & SPAI) von der Spende ausgeschlossen.

Somit wurden 43 Männer und 46 Frauen zur Spende zugelassen. Die Spenden wurden jedoch nur dann mit in den Pool aufgenommen, wenn auch die Voraussetzungen r-u erfüllt waren.

r) Spenden von Personen, welche sich nicht an die vorgegebenen Verhaltensrestriktionen hielten, wurden nicht mit in den chemosensorischen Pool aufgenommen (eine Frau). Zu diesen Verhaltensrestriktionen zählten:
    1) Nahrungsmittel: Die Spender wurden instruiert, an beiden Spendetagen sowie an den Tagen zuvor keine Zwiebeln, keinen Spargel, keinen Knoblauch und keine stark gewürzten Nahrungsmittel zu verzehren. Des Weiteren wurden sie gebeten, den Nahrungsmittelkonsum 48 Stunden vor den Spendesituationen konstant zu halten.
    2) Genussmittel: Am Tage vor den beiden Spendesituationen wurde das Konsumieren eines Glas Alkohols sowie einer Zigarette erlaubt. Am Tag der Spende jedoch wurde das Konsumieren dieser Genussmittel untersagt. Das Konsumieren anderer Drogen während der letzten sieben Tage vor den Spenden führte zu Ausschluss von der Spende.

3) Medikamente: Die akute Einnahme von Medikamenten am Tage vor bzw. am Tage der Spenden sollte dokumentiert werden. Falls es sich hierbei um systemisch wirkende bzw. kortisolhaltige Substanzen handeln sollte, wurden die Spenden aus dem Pool ausgeschlossen.
4) Hygiene: Die Spender wurden aufgefordert, sich am Tag jeweils vor den Spenden bis 24.00 Uhr mit einer hierfür vorgesehenen Waschlotion zu waschen. Nach diesem Zeitpunkt bis zum Abgeben der Schweißprobe durften keine anderen Hygienemittel, Parfüms oder Ähnliches an die Achselhöhle gelangen.
5) Schlafgewohnheiten: Zur Konstanthaltung zirkadianer Hormonschwankungen wurden die Spender instruiert, in der Nacht zur Kontrollsituation zur gleichen Zeit einzuschlafen und am Tage der Spende wieder aufzustehen, wie es vor der Prüfungssituation der Fall war.
6) Körperliche Anstrengung: Die Spender wurden instruiert, vor den jeweiligen Spenden mindestens zwei Stunden vor Anbringung der Wattepads zur Sammlung der Schweißproben sich nicht sportlich zu betätigen und zu den jeweiligen Spendesituationen ohne größere körperliche Anstrengung zu gelangen.
7) Dokumentation des Einhaltens dieser Verhaltensrestriktionen am Tage vor bzw. am Tage der Spenden selber in Form eines Verhaltenstagebuchs.

s) Aufgrund technischer Probleme wurden 13 Personen (sechs Männer, acht Frauen) von der Spende ausgeschlossen. Hierunter fielen: aktuelle Gesundheitsprobleme (ein Mann, drei Frauen), Absprache- oder Terminschwierigkeiten (drei Männer, zwei Frauen), Absagen (ein Mann, eine Frau), fragwürdiges Committement (ein Mann), zur Kontrollsituation (Einzelsitzung) ein Kind mitgebracht (eine Frau) sowie versehentlich vergessen, Wattepads anzulegen (eine Frau).
t) Es wurden die Spenden solcher Personen ausgeschlossen, welche in der „Angstsituation“ zu wenig Angst erlebten. Das Maß der Erlebten Angst wurde u.a. mit Hilfe des Fragebogens „Basisemotionen“ erfasst (siehe Punkt 5.2.1.2.2.4 bzw. 4.1.2.3.6.3). Die Spenden von Personen, welche auf der Skala „Angst“ dieses Fragbogens einen Wert von weniger als 2 angaben, wurden ausgeschlossen (ein Mann, drei Frauen). Weiter wurden die Spenden solcher Personen ausgeschlossen, welche in der Kontrollsituation auf selbiger Skala einen Wert von mehr als 7 angaben (ein Mann). In diesem Falle könnte nicht ausgeschlossen werden, dass der in der Kontrollsituation gesammelte Achselschweiß chemosensorische Angstsignale beinhalten könnte.

u) Es wurden die Achselschweißspenden einer Frau aus dem Pool ausgeschlossen, bei welcher sich nachträglich herausstellte, dass Teile ihrer Achselhöhlen vernarbt waren.

v) Um eine Konfundierung zwischen der qualitativen Komponente (emotionaler Inhalt) und der quantitativen Komponente (Intensität) des Reizmaterials kontrollieren zu können, wurden die Spenden solcher Personen ausgeschlossen, welche angaben, sich in der Prüfungssituation in einem bestimmten Maß erregter gefühlt zu haben als in der Kontrollsituation. Das Ausmaß der körperlichen Erregung wurde über die Skala "Arousal" des SAM erfasst (siehe Punkt 5.2.1.2.2.4 bzw. 4.1.2.3.6.3). Übertraf der Wert in der Prüfungsbedingung den Wert in der Kontrollbedingung um mehr als 2, so führte dies zu einem Ausschluss der Spende. Dies betraf die Spenden von 19 Personen (7 Männer, 12 Frauen).

Die Tabelle 5-4 gibt eine Übersicht über die Häufigkeit der Gründe, aus welchen die Bewerber nicht zur Spende zugelassen wurden. Hierbei sind Mehrfachnennungen möglich.

Tabelle 5-4: Übersicht über das Zutreffen von Ausschlusskriterien

Grund (Kriterium)	Anzahl der Personen, auf welche das Kriterium zutraf
Keine bedeutsame Prüfung (a)	30
Keine Europäische Abstammung (b)	9
Schwangerschaft/unregelmäßiger Zyklus (c)	5
Schlafstörungen (d)	2
Medikamente (e)	8
Raucher (f)	29
Drogen / Alkohol (g)	1
Alter (i)	1
Krankheiten (j)	21*
BMI (m)	7
Auffälliger Körpergeruch (p)	1
Soziale / Generelle Ängstlichkeit (q)	10
Mangelnde Complience (r)	1
Technische Probleme	13
Zuwenig „Angst" in Angst- / zuviel „Angst" in Kontrollsituation (t)	3
In Angstsituation deutlich mehr erregt als in Kontrollsituation (v)	19

* aufgrund von Krankheiten wurden während des Telefoninterviews 20 Personen ausgeschlossen; während der Spende selber stellte sich bei einer Frau heraus, dass Teile ihrer Achselhöhlen vernarbt waren; diese Frau wurde nachträglich aus dem Pool der Spender ausgeschlossen

Die wichtigsten quantitativen Daten der zur Spende zugelassenen Personen sind in Tabelle 5-6 mit den Parametern Mittelwert (M), Standardabweichung (SD) und Range dargestellt. Eine Übersicht über die wichtigsten qualitativen Daten stellt die Tabelle 5-5 dar.

Tabelle 5-5: Übersicht über quantitative Daten der Spender

Variablen		N gesamt (Männer/Frauen)
Erkrankungen	Nein	35 (21/14)
	Ja, aber unrelevant	11 (6/5)
regelmäßiger Sport	Ja	36 (21/15)
	Nein	11 (6/5)
Rauchverhalten	Nichtraucher	40 (22/18)
	Gelegenheitsraucher	8 (6/2)
sonstiger Drogenkonsum	Nein	31 (19/12)
	Gelegentlich	17 (9/8)

Alter

Das Durchschnittsalter der verbleibenden 49 Spender (21 Frauen, 28 Männer) betrug 24,33 Jahre (SD = 3,9; Range = 20-37). Der Vergleich des Alters der männlichen Spender (M = 25,29; SD = 4,67; Range: 20-37) mit dem Alter der weiblichen Spender (M = 22,96; SD = 2,01; Range: 19 - 26,3) mittels t-Test für abhängige Stichproben ergab für Männer ein signifikant höheres Durchschnittsalter [t(47) = 2,03; p = 0,048; zweiseitig]. Ein Altersunterschied von durchschnittlich 2,33 Jahren ist jedoch in Hinblick auf die Schweißprobenspende inhaltlich als nicht bedeutsam zu betrachten.

Tabelle 5-6: Übersicht über quantitative Daten der Spender

Variablen		N	M	SD	Range
Alter	Männer	28	25,29	4,67	20-37
	Frauen	28	22,96	2,01	19 - 26,3
	Gesamt	49	24,33	3,93	20-37
STAI X2	Männer	28	34,86	6,00	25-47
	Frauen	21	31,76	4,32	22-38
SPAI	Männer	28	1,75	0,47	0,62 - 2,53
	Frauen	21	1,66	0,50	0,89-2,43
	Gesamt	49	1,72	0,48	0,62 - 2,53
Allg. Prüfungsangst	Männer	28	4,07	1,92	0,7 - 7,3
	Frauen	21	4,28	1,84	1,3 - 7,9
	Gesamt	49	4,16	1,87	0,7 - 7,0
BMI	Männer	28	22,96	2,01	19 - 26,3
	Frauen	20	22,11	2,75	18,3 - 28,8
	Gesamt	48	22,60	2,36	18,3 - 28,8
Alkohol (Gläser pro Woche)	Männer	26	3,67	3,57	0-18
	Frauen	20	2,05	1,50	0-5
	Gesamt	46	2,97	2,95	0-18
Rauchverhalten der Gelegenheitsraucher	Männer	6	4,25	1,30	1-6
	Frauen	2	3,50	2,50	1-6
	Gesamt	8	3,00	2,30	1-6
Zyklusdauer (in Tagen)	Frauen	21	27,89	0,47	26-28
Dauer Menstruation (in Tagen)	Frauen	21	4,90	0,79	4-6
Zyklustag bei der Prüfung	Frauen	21	13,62	8,04	2-27

Art der Prüfung

Es spendeten 19 Personen (10 Frauen) Achselschweiß vor einer Vordiplomsprüfung, neun (vier Frauen) vor einer Hauptdiplomsprüfung, eine Frau vor einer Bachelor-, ein Mann vor einer Masterprüfung sowie 18 Personen (fünf Frauen) vor Prüfungen, welche die oben genannten Kriterien erfüllten und unter sonstige Art von Prüfung summiert wurden.

Soziale Ängstlichkeit / Allgemeine Prüfungsängstlichkeit

Der Durchschnittswert aller Spender auf der Skala „SPAI“ lag bei 1,72 (SD = 0,48; Range: 0,62-2,53). Wie das Ergebnis des t-Tests für unabhängige Stichproben ergab, unterscheiden sich die Angaben von Männern und Frauen auf dieser Skala nicht voneinander [$t(47) = 0,65$; $p = 0,52$; zweiseitig].

Die 21 Spenderinnen erreichten auf der Skala „STAI X2“ einen Durchschnittswert von 31,76 (SD = 4,32; Range: 22–38) und die 28 männlichen Spender einen Durchschnittswert von 34,86 (SD = 6; Range: 25–47). Von einem Vergleich der Angaben von Frauen und Männern auf dieser Skala wird abgesehen, da im Testmanual geschlechtsspezifische Normwerte aufgeführt sind und somit geschlechtsspezifische Effekte als Normvariante zu interpretieren wären.

Auf der Skala „Prüfungsangst“ gaben die Spender einen Durchschnittswert von 4,16 an (SD = 1,87; Range: 0,7–7,9). Ein geschlechtsspezifischer Effekt ließ sich auf dieser Skala nicht feststellen, wie das Ergebnis eines t-Tests für unabhängige Stichproben ergab [$t(47) = -0,39$; $p = 0,698$; zweiseitig].

Erkrankungen

35 Spender gaben an, an keinerlei Erkrankungen zu leiden, 11 Spender (fünf Frauen) hingegen berichteten an für die Untersuchung nicht relevanten Erkrankungen zu leiden, welche weder akut noch als behandlungsbedürftig beschrieben wurden (einmal Allergie gegen Hausstaubmilben, Tierhaare und diverse Gräser/Getreide, zweimal Heuschnupfen, selten Migräne, einmal starkes Schwitzen beim Sport, einmal seit zwei Jahren symptomfrei Asthma, Neurodermitis und leichte Allergien, einmal symptomfreie Allergie gegen Pferdehaare, zweimal schwacher Heuschnupfen und einmal schwacher Heuschnupfen mit nicht behandlungsbedürftiger Allergie gegen einige Nahrungsmittel). Die Angaben einer Frau (nicht erkrankt – erkrankt an einer für die Untersuchung nicht relevanten, nicht akut behandlungsbedürftigen Erkrankung) fehlen. Da die Erkrankungen für die Untersuchungen als irrelevant betrachtet wurden, wird auf die Untersuchung möglicher Geschlechtseffekte verzichtet.

Kontrazeption / Daten zum Menstruationszyklus

8 Frauen gaben an, oral nicht zu verhüten, 11 Frauen hingegen nahmen die Pille (achtmal 1-phasige, zweimal 3-phasige und einmal 5-phasige Pille). Die Angaben zur oralen Verhütung von zwei Spenderinnen fehlten. Eigenen Angaben nach betrug die durchschnittliche Zyklusdauer bei 17 Frauen 28 Tage und bei einer Frau 26 Tage. Die Angaben von 3 Spenderinnen bezüglich der durchschnittlichen Zyklusdauer fehlten. Die Durchschnittsdauer der Menstruation der Spenderinnen betrug 4,9 Tage (SD = 0,79; Range: 4-6). Diesbezügliche Angaben von einer Frau fehlten.

BMI / Sport

Die Spender erreichten durchschnittlich einen BMI von 22,6 (SD = 2,3; Range: 18,3–28,8). Die Angaben einer Frau (BMI: $19 \leq x \leq 28$) fehlten. Bei einer Überprüfung der Mittelwertsunterschiede zwischen Männern und Frauen mittels t-Test für unabhängige Stichproben zeigte sich kein bedeutsamer Unterschied bezüglich des BMI [$t(46) = 46$; $p = 0{,}219$; zweiseitig]. 36 Spender (15 Frauen) gaben an, mindestens einmal wöchentlich Sport zu betreiben wohingegen 12 Spender (fünf Frauen) keinen regelmäßigen Sport betrieben. Die Angaben einer Frau bezüglich regelmäßiger sportlicher Aktivitäten fehlten. Die Frage nach regelmäßiger körperlicher Betätigung wurde aus Sicherheitsgründen gestellt. Bei sportlich nicht trainierten Personen wurde im Erstgespräch auf die sportliche Komponente der Spende hingewiesen.

Zigaretten / Alkohol / sonstige Drogen

40 Spender (18 Frauen) gaben an, Nichtraucher zu sein, acht (zwei Frauen) wurden als Gelegenheitsraucher definiert (M = 3; SD = 2,3; Range = 1-6 Zigaretten pro Woche). Die Angaben zum Rauchverhalten (Nichtraucher – Gelegenheitsraucher) einer Frau fehlen. Um eine mögliche Beeinflussung des Körpergeruchs durch den Genuss von Nikotin zu verhindern, galt ein Konsum von mehr als sechs Zigaretten pro Woche als Ausschlusskriterium von der Spende. Ein Rauchverhalten mit höchstens sechs Zigaretten pro Woche wurde als für die Studie irrelevant betrachtet (der Zigarettenkonsum am Tage vor den Spenden und an den Spendentagen selber wurde durch die Verhaltensrestriktionen vorgegeben). In diesem Sinne wird davon abgesehen, möglichen geschlechtsspezifischen Effekten bezüglich des Rauchverhaltens nachzugehen.

Im Mittel gaben die Spender an, 2,97 Gläser Bier oder Wein (SD = 2,9; Range: 0–18) wöchentlich zu konsumieren. Die Angaben einer Frau und zweier Männer zum durchschnittlichen Alkoholkonsum lagen nicht vor. Ein t-Test für unabhängige Stichproben ergab, dass

die männlichen Spender tendenziell im Durchschnitt mehr Alkohol konsumierten als die weiblichen Spender [t(44) = 1,90; p = 0,064; zweiseitig].

Auf eine offene Frage nach sonstigem Drogenkonsum gaben 31 Spender (12 Frauen) an, noch nie andere Drogen außer Alkohol konsumiert zu haben, 17 Spender (acht Frauen) gaben an, Haschisch oder Marihuana probiert zu haben, dieses jedoch nicht chronisch zu konsumieren. Die Angaben einer Frau bezüglich des sonstigen Drogenkonsums (noch nie – gelegentlicher Konsum) fehlten.

Akute Einnahme von Medikamenten

Zwei Männer und eine Frau gaben an, am Tage vor der Prüfung, Medikamente eingenommen zu haben. Ein Mann gab an, sowohl am Tage vor der Prüfung als auch am Prüfungstage selber Medikamente zu sich genommen zu haben.

Am Tage vor der Sportsituation nahmen eigenen Angaben nach ein Mann und zwei Frauen Medikamente zu sich und am Tage der Sportsituation selber gab ein Mann an, Medikamente genommen zu haben. Da es sich in allen Fällen der Medikamenteneinnahme um für die Spende unbedenkliche Präparate (z.B. Homöopathische Mittel, Aspirin) handelte, werden diese Angaben nicht weiter berücksichtigt.

Schlafdauer

Die Spender gaben an, in der Nacht vor der Prüfungssituation durchschnittlich 7,5 Stunden geschlafen zu haben (SD = 0,9; Range 5,25 - 9,2 Stunden) und vor der Sportsituation durchschnittlich 7,6 Stunden (SD = 1,01; Range: 6-10 Stunden) geschlafen zu haben. Bei einer Überprüfung der Mittelwertsunterschiede mittels 2-faktorieller Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Messzeitpunkt (vor Prüfungs- und vor Sportsituation) und dem Faktor Spendergeschlecht zeigt sich, dass sich weder die Dauer des Schlafs vor beiden Situationen von einander unterschieden [Haupteffekt Messzeit: F(1, 47) = 0,06; p = 0,767], noch zeigte sich ein Geschlechtseffekt [Haupteffekt Spendergeschlecht: F(1, 47) = 0,02; p = 0,839] oder eine Interaktion zwischen den Faktoren [F(1, 47) = 0,054; p = 0,817].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich männliche und weibliche Spender in allen erwähnten Variablen statistisch bzw. inhaltlich nicht bedeutsam von einander unterscheiden.

5.2.1.2 Material für die Schweißprobenspende

5.2.1.2.1 Technisches Material

Die Tabelle 5-7 enthält eine Aufstellung des technischen Materials, welches für die Schweiß- und Speichelprobensammlung eingesetzt wurde.

Tabelle 5-7: Auflistung des technischen Materials für Schweiß- und Speichelprobensammlung

Für die Schweißspende	Wattepads „Maxi-Wattepads“ von Lilibe Cosmetics
	Alufolie „Kraft-Waben“ von Toppits, Melitta, Best.-Nr.: 1-2000-15
	Gefrierbeutel, „Ziploc“ von Toppits, Melitta, Best.-Nr.: 1-3020-46
	„Fixierpflaster“ von Curafix, Pharmazentralnummer (PZN): 2163367
	Pflasterband „Leukosilk“ von BSN medical GmbH & Co. KG, Best.-Nr.: 1022
	Flüssige Waschlotion „Eubos med“ von Dr. Hobein (Nachf.) GmbH
Für die Kontrollsituation	Fahrrad-Ergometer „ERG 551“ von Bosch, Art. Nr: 7693410091 bzw. 869884251
	Fahrrad-Ergometer „Ergometrics 900“ von ergoline GmbH, Seriennr.: 1999001211
	Pulsmessgerät (Trainingscomputer) „sport tester 3510“ von unilife GmbH
	Pulsmessgerät „PE 3000“ von „sport tester“ von polar electro, Finnland
	„Elektrodencreme für EKG, EEG, Kardioversion“ von ppg Hellige, Best.-Nr.: 21708305
Für die Speichelspende	„Salivetten“ von Sarstedt, No./REF: 51.1534 (Speichelkortisol)
	„SaliCaps“ von IBL, Cat.No.: RE 69995 (Speicheltestosteron)

5.2.1.2.2 Fragebögen

Im Folgenden werden die für die Spender der Achselschweißproben eingesetzten Fragebögen beschrieben. Alle hier aufgeführten Fragebögen sind auch dem Anhang „Spende“ zu entnehmen.

5.2.1.2.2.1 STAI Form X2

Das „State-Trait-Angst-Inventar“ (STAI) dient zur der Erfassung von Angst als vorübergehenden, situationsspezifischen Zustand (STAI X1 siehe auch Punkt 4.1.2.3.4). Mit Hilfe einer weiteren Skala wird die generelle Ängstlichkeit als situationsstabile Persönlichkeitseigenschaft erfasst (STAI X2; Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger, 1981). Wie im Falle des STAI X1 besteht der STAI X2 aus 20 Items (bei vierstufigen Ausprägungen von „überhaupt nicht“ bis „sehr“). Eine erhöhte Bereitschaft, mit Ängstlichkeit zu reagieren (Cut-off-Wert von M + 1,5 SD bei geschlechtsspezifischer Norm), führt zum Ausschluss von der Spende.

5.2.1.2.2.2 SPAI

Das „Soziale Phobie und Angst Inventar (SPAI)“ ist eine deutschsprachige Adaptation des „Social Phobia and Anxiety Inventory“ von Turner und Beidel (Fydrich, 2002). Das SPAI umfasst 22 Items zur Erfassung des Erlebens von Unsicherheit, negativen Kognitionen, Vermeidungsverhalten und somatischer Reaktionen im sozialen Kontext. Das Rating erfolgt über siebenstufige Skalen mit den Ausprägungen „0“ (nie) bis „6“ (immer). Personen, welche in diesem Fragebogen einen Wert von mehr als 2,6 erzielen, werden ausgeschlossen, da ab diesem Wert „mit höherer Wahrscheinlichkeit die Kriterien für eine Diagnose einer SP [Soziale Phobie] erfüllt sind“ (Fydrich, 2002). Bei Personen, auf welche die Diagnose einer Sozialen Phobie mit erhöhter Wahrscheinlichkeit zutrifft, scheint eine Modulation des emotionalen Zustandes zwischen den Spendebedingungen nicht gewährleistet und wurden von der Spende ausgeschlossen.

5.2.1.2.2.3 Skala zur Erfassung der allgemeinen Prüfungsängstlichkeit

Bei diesem Fragebogen handelte es sich um einen selbstkonstruierten Ein-Item-Test, mit Hilfe dessen allgemeine Prüfungsangst erhoben werden soll. Über eine 10 cm lange visuelle Analogskala wird die Ausprägung der Nervosität, Ängstlichkeit sowie Besorgnis vor Prüfungen im Allgemeinen abgefragt. Diese Skala wird explorativ eingeführt und soll als mögliche Interpretationshilfe zur Verfügung stehen.

5.2.1.2.2.4 Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit

Zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit der Geruchsspender (zur Zeit der Geruchsspenden) dienen sowohl der „SAM“ als auch der selbst konstruierte Fragebogen „Basisemotionen“. Da beide Fragebögen bereits in der Untersuchung zur Methodenvalidierung eingesetzt wurden, wird für eine Beschreibung der Fragebögen auf Punkt 4.1.2.3.6.3 verwiesen.

5.2.1.3 Kontrolle von Störeinflüssen

Neben der Formulierung von Eingangskriterien, welche eine Beeinflussung des Spendenmaterials durch erwähnte Störeinflüsse verhindern sollten bzw. einen möglichst homogenen Spendenpool gewährleisten sollen, wurden während der Spenden auf folgende Punkte geachtet:

Reaktivität

Es wurde vermieden im Laufe der Spende, die Begriffe Angst oder Furcht zu erwähnen, um das subjektive Antwortverhalten auf den Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit nicht zu beeinflussen. Aus diesem Grunde wurde den Spendern mitgeteilt, dass der Sinn dieser Untersuchung in einem Nachweis einer chemosensorischen Kommunikation von Stress liegt. Weiter wurde vermieden, die Kontrollbedingung mit einer Leistungs- oder Wettkampfsituation zu assoziieren. Aus diesem Grunde wurde die Sportsituation als „Vergleichssituation" bezeichnet. Im Folgenden sind die Begriffe „Sportsituation", „Vergleichssituation" oder „Kontrollsituation" als Äquivalente zu betrachten.

Ausbleiben negativer Emotionen während der Kontrollsituation

Die Kontrollsituation wurde derart gestaltet, dass sie von den Geruchsspendern als moderat positiv erlebt werden sollte: Die körperliche Belastung der Spender während der Sportsituation wurde bei 110 Herzschlägen pro Minute festgesetzt. Diese moderat erhöhte Herzfrequenz sollte gewährleisten, dass auch ungeübte, sportlich nicht aktive Personen körperlich nicht überlastet werden. Weiter erhielten die Spender nach Ankündigung im Anschluss an die Kontrollsituation ihre Aufwandsentschädigung.

Darüber hinaus wurde der Termin für die Kontrollsituation so gewählt, dass dieser immer kurz nach dem Prüfungstage stattfand, jedoch nicht am Prüfungstage selber (M = 2 Tage; Range = 1-4 Tage). Somit sollte einerseits gewährleistet sein, dass die Spender emotional nicht durch den Ausgang der Prüfung unmittelbar beeinflusst sind. Zum anderen sollte die festgesetzte Frist gewährleisten, dass kein erneuter (die Kontrollsituation überschattender) Stress durch mögliche nachfolgende Prüfungen entstand.

Zirkadiane Hormonschwankungen

Um systematische Einflüsse der zirkadianen Hormonrhythmik (siehe Punkt 2.3.2) kontrollieren zu können, wurde der zeitliche Ablauf der Speichel-/Körperschweißspende in der Kontrollsituation mit dem zeitlichen Ablauf der Spende in der Prüfungssituation synchronisiert.

5.2.1.4 Durchführung

5.2.1.4.1 Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen

Die Eignung der Interessenten als Achselschweißspender wurde in zwei Schritten festgestellt.

Telefonischer Erstkontakt

In einem 20-minütigen telefonischen Erstkontakt wurde ein Interview durchgeführt, in welchem die Voraussetzungen bezüglich Art der Prüfung, Abstammung, Schwangerschaft, Zyklus, Schlafstörungen, chronischer und akuter Erkrankungen/Medikation, Rauchverhalten, Drogenkonsum, Alter, Beeinflussung des Körpergeruchs durch Verhaltensgewohnheiten Umgang, Körpergeruch (Kriterien „a“ bis „p“) überprüft wurden (siehe auch Punkt 5.2.1.1 & Anhang Spende: Telefoncheckliste-Spender). Falls eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt wurde, so wurde die Person unmittelbar von der Spende ausgeschlossen. Bei Erfüllung aller Voraussetzungen wurde mit der Person ein Termin für eine Vorbesprechung vereinbart.

Vorbesprechung

Während einer ca. 40-minütigen Vorbesprechung (Einzelsitzung) wurden die potentiellen Spender mündlich wie schriftlich instruiert und erhielten eine Einverständniserklärung zur Unterschrift überreicht. Im Anschluss hieran wurden die Voraussetzung „keine erhöhte Allgemeine / Soziale Ängstlichkeit“ (Kriterium q; erfasst über STAI X2 und SIAS) überprüft sowie der Fragebogen zur Erfassung der allgemeinen Prüfungsängstlichkeit zur Bearbeitung vorgelegt. Nach der Feststellung der Eignung wurde das Material zur Schweißspende überreicht (die Materialen zur Instruktion und Einverständnis sind den gleichnamigen Seiten im Anhang Spende zu entnehmen).

5.2.1.4.2 Angstsituation

Die Prozedur der Körperschweißspende begann am Tage vor der Prüfung in Form von Verhaltensrestriktionen (Regelung des Konsums von Nahrungs- und Genussmitteln, die Einnahme von Medikamenten, von Hygiene und des Schlaf-Wach-Rhythmus). Unmittelbar nach dem Erwachen am Prüfungstage selber sollte Speichel mit Hilfe der dafür im Vorgespräch überlassenen Salicaps und Salivetten gespendet werden.

Die Sammlung der Schweißprobe erfolgt mittels zweier Wattepads, welche durch ein Curafixpflaster der Größe 14 x 10 cm in jede Achsel geklebt werden sollte. Damit die Wattepads nicht den Geruch des Pflasters annahmen, wurde das Pflaster mit einem 9,5 x 7,5 cm großen Stück Alufolie präpariert.

Im Folgenden wird der zeitliche Ablauf der Spende erläutert. Zum leichteren Verständnis des Ablaufs sei auch auf die Abbildung 5-1 verwiesen. Die Spender brachten sich selbständig 65 Minuten vor der jeweiligen Prüfung mit Hilfe der vorgefertigten Klebestreifen

unter jedem Arm ein Wattepad an und gaben die zweite Speichelprobe ab. 35 Minuten vor dem regulären Beginn der Prüfung wurde von den Spendern selbständig die dritte Speichelprobe abgenommen. Genau fünf Minuten vor dem regulären Prüfungsbeginn nahmen die Spender die Wattepads wieder ab, wickelten diese in die mitgegebene Alufolie und legten sie in die Gefrierbeutel. Zudem wurde die vierte Speichelprobe abgegeben. Anschließend füllten die Spender die Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit aus und übergaben das gesamte Material (einschließlich der Speichelproben 1-4) dem anwesenden Versuchsleiter. Nach der Prüfung wurde die Speichelprobe 5 erhoben, sofern die mündliche Prüfung nicht länger als 35 Minuten dauerte. Bei einer Prüfungsdauer von mehr als 35 Minuten entfiel die Abgabe der letzten Speichelprobe. Anschließend wurden die Schweiß- wie Speichelproben in hierfür vorgesehenen Gefrierbeuteln in einem Gefrierschrank („öko super“ der Firma Liebherr) bei -20°C tiefgefroren.

5.2.1.4.3 Sportsituation

Wie im Falle der Prüfungssituation begann die Prozedur der Spende am Tage vor der Sportsituation durch die Einhaltung der Verhaltensrestriktionen. Die Schweißspende selber fand in vorbereiteten Räumen im Institut für Physiologie oder im Institut für Sportmedizin der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel statt. Die zeitliche Gestaltung der Sportsituation ist an den Ablauf der Prüfungssituation angepasst. Die Abbildung 5-1 soll die Abläufe graphisch verdeutlichen. Die Spender wurden ca. 75 Minuten vor der Tageszeit der Prüfung in den Räumlichkeiten der Sportsituation begrüßt. Zu Beginn der Situation wurden die Morgenspeichelprobe sowie das Verhaltenstagebuch entgegen genommen. Während sich die Spender umkleideten wurde mittels Verhaltenstagebuch festgestellt, ob die Verhaltensrestriktionen eingehalten wurden. 65 Minuten vor der Tageszeit, an welcher die Prüfung stattgefunden hatte, legten sich die Spender die Wattepads an und gaben die zweite Speichelprobe ab. Nach einem kurzen Belastungstest zur Kalibrierung der Ergometer begann die erste von insgesamt drei 10-minütigen Sporteinheiten. Die Sporteinheiten wurden durch jeweils 10-minütige Pausen unterbrochen. Nach der ersten Pause wurde die dritte Speichelprobe abgegeben (35 Minuten vor der Tageszeit der Prüfung). Nach Ablauf der dritten Sporteinheit (5 Minuten vor der Tageszeit der Prüfung) wurde die vierte Speicheprobe abgegeben, das Schweißspendematerial genommen und das Material zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit ausgefüllt.

Hieran im Anschluss wurden für 30 Minuten (Dauer der Prüfung) weitere, für diese Untersuchung nicht relevante Daten erhoben, welche keinen systematischen Einfluss auf die emotionale Befindlichkeit haben (Duftrating von Androstenon). Nach Ablauf von 30 Minuten

wurde die letzte Speichelprobe abgegeben und die Spender nach Auszahlung der Aufwandsentschädigung entlassen. Der genaue Ablauf der Sportsituation wurde auf einem Protokoll dokumentiert (siehe Anhang Spende: Protokoll der Vergleichssituation). Im Anschluss an die Sportsituation wurden die Schweißproben in Alufolie verpackt und in einem Gefrierbeutel zusammen mit den Speichelproben bei -20°C eingefroren.

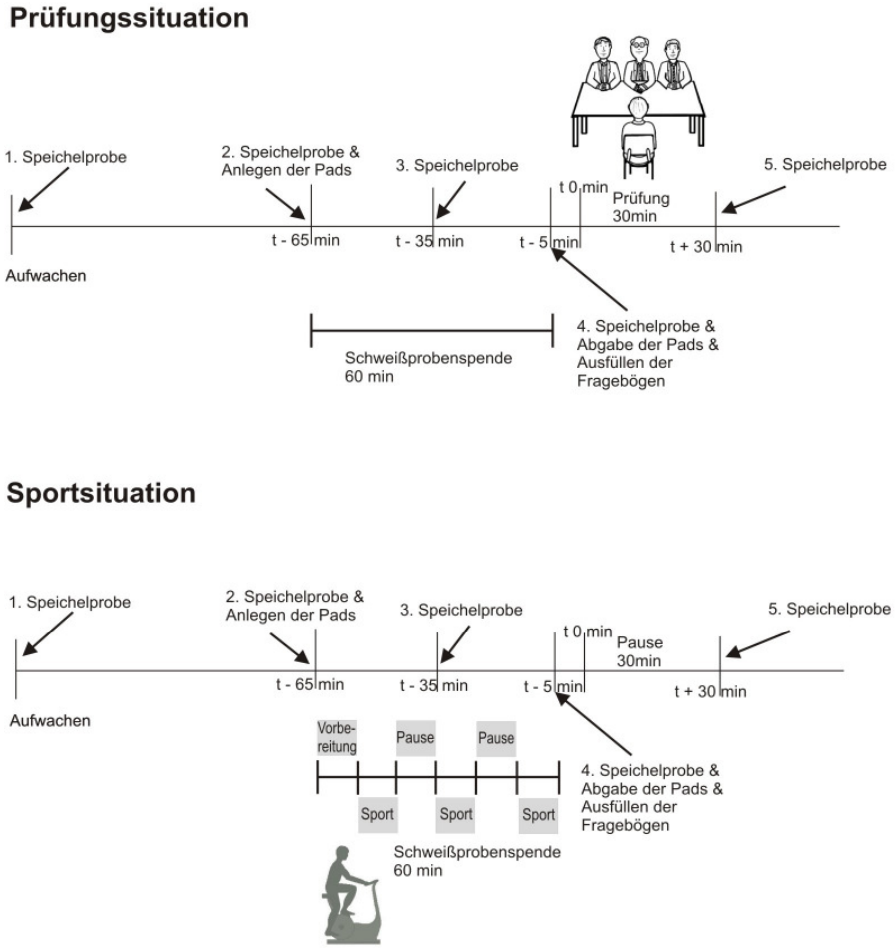


Abbildung 5-1: Zeitlicher Ablauf der Schweiß- und Speichelprobenspenden

5.2.1.5 Auswertung und Datenreduktion

5.2.1.5.1 Subjektive Daten

Die Auswertung der subjektiven Daten erfolgt sowohl auf deskriptiver als auch zur leichteren Interpretierbarkeit auf inferenzstatistischer Ebene. Als inferenzstatistisches Verfahren wurden 2-seitige t-Tests für abhängige Stichproben bei einem festgesetzten Signifikanzniveau von 5% verwendet.

5.2.1.5.2 Speichelproben

Die Analyse der Speichelproben erfolgte durch das Labor der Endokrinologie der Universität zu Lübeck ca. sechs Monate nach der Sammlung der letzten Speichelprobe.

Der Hormonwert zum Zeitpunkt t1 („Morgenspeichelprobe“) an den Spendentagen sollte als Richtwert für die nachfolgenden Messzeitpunkte dienen. Auf die Einführung dieses Wertes als Baseline wurde jedoch verzichtet, da der zeitliche Abstand zwischen t1 und t2 über die Spender hinweg stark variierte. Somit konnte eine Konfundierung der Baseline mit zirkadianen Hormonschwankungen nicht ausgeschlossen werden. Anstatt dessen wurde die Speichelprobe zum Zeitpunkt t2 als Baseline eingeführt. Die Beeinflussung des emotionalen Erlebens auf den Hormonstatus wird somit über Differenzwerte der Messzeitpunkte t3, t4 und t5 zur Baseline t2 berechnet werden. Die Auswertung der Daten erfolgt auf deskriptiver und inferenzstatistischer Ebene. Aufgrund der grundsätzlich unterschiedlichen Hormonspiegel von Kortisol und Testosteron von Männern und Frauen (siehe Punkt 2.3.2) werden die Analysen nur geschlechtsspezifisch berechnet. Mittelwertsunterschiede zwischen den Spendebedingungen und den Messzeitpunkten werden über insgesamt vier varianzanalytische Designs mit Messwiederholungsfaktor bestimmt (siehe Tabelle 5-8 Übersicht). Dabei handelte es sich jeweils um 3x2-faktorielle Designs mit den Faktoren „Messzeit“ (mit den drei Stufen „t3-t2“, „t4-t2“ und „t5-t2“) und „Spendesituation“ (mit den zwei Stufen „Prüfung“ und „Sport“). Signifikante Haupteffekte und Interaktionen sollen über t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben aufgelöst werden. Alle Vergleiche werden auf einem 2-seitigen Signifikanzniveau von 5% berechnet.

Tabelle 5-8: Übersicht über die varianzanalystischen Designs zur Bestimmung von Unterschieden des Testosteron- und Kortisolspiegels zwischen den Spendebedingungen

Hormon	Spender-geschlecht	Design		Diff (t3-t2)	Diff (t4-t2)	Diff (t5-t2)
Kortisol	Männer	1	Prüfung	μ_{MK1}	μ_{MK2}	μ_{MK3}
			Sport	μ_{MK4}	μ_{MK5}	μ_{MK6}
	Frauen	2	Prüfung	μ_{FK1}	μ_{FK2}	μ_{FK3}
			Sport	μ_{FK4}	μ_{FK5}	μ_{FK6}
Testosteron	Männer	3	Prüfung	μ_{MT1}	μ_{MT2}	μ_{MT3}
			Sport	μ_{MT4}	μ_{MT5}	μ_{MT6}
	Frauen	4	Prüfung	μ_{FT1}	μ_{FT2}	μ_{FT3}
			Sport	μ_{FT4}	μ_{FT5}	μ_{FT6}

Legende:
MK: Kortisolwert Männer
FK: Kortisolwert Frauen
MT: Testosteronwert Männer
FT: Testosteronwert Frauen

5.2.1.6 Ergebnisse

5.2.1.6.1 Subjektive Daten

Die Tabelle 5-9 gibt eine Übersicht über das Antwortverhalten der Spender auf den Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit entlang der Basisemotionen und der SAM-Dimensionen. Hier sind, getrennt nach Spendebedingungen, die Skalenmittelwerte (M) und die zugehörige Standardabweichung (SD) geschlechtsspezifisch und für beide Geschlechter gemeinsam eingetragen.

Tabelle 5-9: Deskriptive Darstellung der subjektiven Angaben der Spender auf den Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit während der Spendesituationen

Spendesituation			Basisemotionen						SAM		
			Angst	Freude	Ärger	Trauer	Überr.	Ekel	Valenz	Arousal	Dominanz
Prüfungssituation	Männer (N = 28)	M	6,44	3,32	2,25	1,94	2,96	1,39	-0,04	6,36	4,61
		SD	1,93	2,18	2,11	1,98	2,55	1,87	1,50	1,31	1,37
	Frauen (N = 21)	M	5,76	4,09	1,19	1,14	1,51	0,78	0,19	6,19	4,67
		SD	1,84	2,00	1,80	1,58	2,10	1,41	1,29	1,50	0,97
	Gesamt (N = 49)	M	6,15	3,65	1,8	1,6	2,34	1,13	0,06	6,29	4,63
		SD	1,9	2,12	2,04	1,85	2,45	1,7	1,41	1,38	1,2
Sportsituation	Männer (N = 28)	M	0,50	6,74	0,59	0,75	1,80	0,67	2,29	5,68	6,46
		SD	0,65	1,74	0,70	1,23	1,82	1,01	1,33	1,42	1,40
	Frauen (N = 21)	M	0,17	7,16	0,35	0,53	0,58	0,22	2,76	6,10	6,43
		SD	0,25	1,61	0,40	0,84	0,64	0,31	1,30	1,26	1,16
	Gesamt (N = 49)	M	0,36	6,92	0,49	0,66	1,28	0,48	2,49	5,86	6,45
		SD	0,54	1,68	0,59	1,08	1,55	0,81	1,32	1,35	1,29

In der Tabelle 5-10 und Tabelle 5-11 sind die Ergebnisse der Vergleiche der subjektiven Daten zwischen den Spendebedingungen mittels der t-Tests für abhängige Stichproben eingetragen.

Tabelle 5-10: Ergebnis t-Tests für abhängige Stichproben SAM für die Vergleiche Prüfung vs. Sport (Prüfung -Sport)

Skala	Geschlecht	M-Diff	t-Wert	df	p (2-seitig)
Valenz	Männer	-2,32	-6,14	27	< 0,001
	Frauen	-2,57	-6,97	20	< 0,001
	gesamt	-2,43	-9,14	48	< 0,001
Arousal	Männer	0,68	2,58	27	0,015
	Frauen	0,10	0,24	20	0,815
	gesamt	0,43	1,87	48	0,068
Dominanz	Männer	-1,86	-5,17	27	< 0,001
	Frauen	-1,76	-5,02	20	< 0,001
	gesamt	-1,82	-7,21	48	< 0,001

Tabelle 5-11: Ergebnis t-Tests für abhängige Stichproben Basisemotionen für die Vergleiche Prüfung vs. Sport (Prüfung - Sport)

Skala	Geschlecht	M-Diff	t-Wert	df	p (2-seitig)
Angst	Männer	5,94	16,30	27	< 0,001
	Frauen	5,59	14,02	20	< 0,001
	gesamt	5,79	21,63	48	< 0,001
Freude	Männer	-3,42	-6,90	27	< 0,001
	Frauen	-3,07	-5,65	20	< 0,001
	gesamt	-3,27	-9	48	< 0,001
Ärger	Männer	1,66	4,41	27	< 0,001
	Frauen	0,84	2,23	20	0,037
	gesamt	1,31	4,8	48	<0,001
Trauer	Männer	1,19	2,94	27	0,007
	Frauen	0,61	1,52	20	0,144
	gesamt	0,94	3,26	48	0,002
Überr.	Männer	1,16	2,33	27	0,028
	Frauen	0,93	2,01	20	0,058
	gesamt	1,06	3,09	48	0,004
Ekel	Männer	0,72	2,31	27	0,029
	Frauen	0,56	1,82	20	0,083
	gesamt	0,65	2,97	48	0,004

Die Ergebnisse für den Fragebogen Basisemotionen lassen erkennen, dass Männer und Frauen jeweils bzw. gemeinsam in der Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation mehr Angst, weniger Freude, mehr Ärger erlebten [Angst (Männer): $t(27) = 16,3$; $p < 0,001$; Angst (Frauen): $t(20) = 14,02$; $p < 0,001$; Angst (gesamt): $t(48) = 21,63$; $p < 0,001$; Freude (Männer): $t(48) = -6,9$; $p < 0,001$; Freude (Frauen): $t (20) = 14,02$; $p < 0,001$; Freude (gesamt): $t(48) = -9$; $p < 0,001$; Ärger (Männer): $t(27) = 4,41$; $p < 0,001$; Ärger (Frauen): $t(20) = 2,23$; $p = 0,037$; Ärger (gesamt): $t(48) = 4,8$ $p < 0,001$]. Weiter zeigt sich, dass Männer bzw. Männer und Frauen zusammen in der Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation mehr Trauer, mehr Überraschung und mehr Ekel erlebten [Trauer (Männer): $t(27) = 2,94$; $p = 0,007$; Trauer (gesamt): $t(48) = 3,26$; $p < 0,001$; Überraschung (Männer): $t(27) = 2,33$; $p = 0,028$; Überraschung (gesamt): $t(48) = 3,09$; $p = 0,004$; Ekel (Männer): $t(27) = 2,31$, $p = 0,029$; Ekel (gesamt): $t(48) = 2,97$; $p = 0,004$].

Aus der Tabelle 5-11 **g**eht hervor, dass sich die weiblichen und männlichen Spender in der Prüfungssituation weniger glücklich und weniger dominant fühlten verglichen mit der Sportsituation [Valenz (Männer): $t(27) = -6,14$; $p < 0,001$; Valenz (Frauen): $t(20) = -6,97$; $p < 0,001$; Valenz (gemeinsam): $t(48) = -9,14$; $p < 0,001$; Dominanz (Männer): $t(27) = -5,17$; $p < 0,001$; Dominanz (Frauen): $t(20) = -5,02$; $p < 0,001$; Dominanz (gemeinsam): $t(48) = -7,21$; p

< 0,001]. Auf der Skala „Arousal“ unterschieden sich nur die Angaben der männlichen Spender zwischen der Prüfungs- und Sportsituation [t(27) = 2,58; p = 0,015].

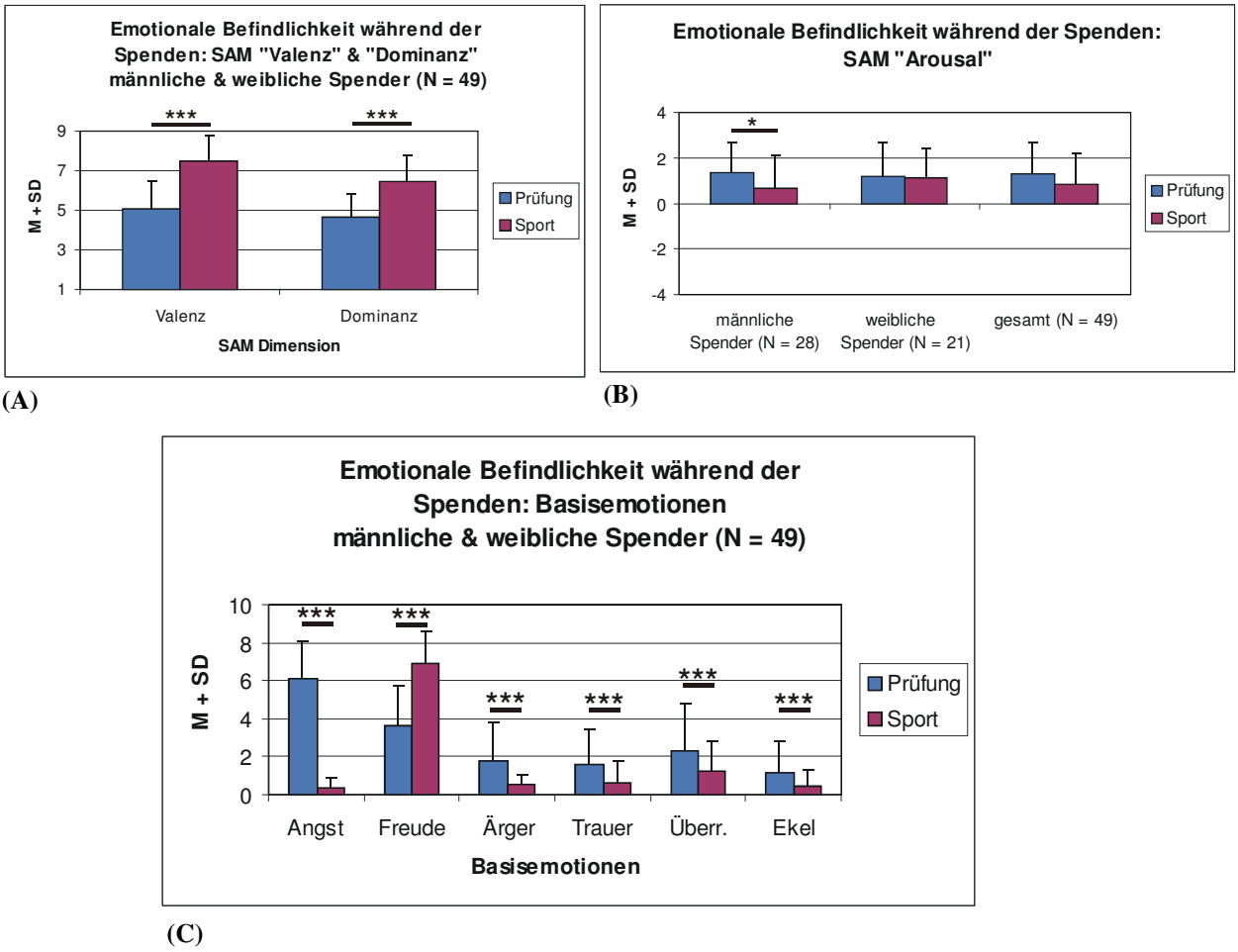


Abbildung 5-2: Emotionale Befindlichkeit der Spender auf den (A) SAM-Skalen Valenz und Dominanz, (B) SAM-Skala Arousal und (C) auf den Basisemotions-Skalen

In der Abbildung 5-2 sind die Angaben der Spender auf den Basisemotionen graphisch dargestellt. Hier sind jeweils auf der Abszisse – getrennt nach Spendebedingungen - die Basisemotionen und auf der Ordinate die Mittelwerte des Antwortverhaltens der Spender plus jeweils eine Standardabweichung sowie die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertung eingetragen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation von Männern und Frauen als eine emotional negative Situation beschrieben wurde, welche vor allem durch das ausgeprägte Angsterleben gekennzeichnet ist. Es fällt auf, dass die Angaben auf der Skala „Arousal“ bei männlichen Spendern in der Angstsituation gegenüber der Sportsituation erhöht sind. Der Mittelwertsunterschied zwischen der Prüfungs-

und der Sportsituation beträgt bei männlichen Spendern jedoch im Mittel nur 0,68 Skalenpunkte [M (Prüfung) = 6,36; M (Sport) = 5,68]. Diese zwar statistisch bedeutsame Mittelwertsdifferenz wird jedoch aufgrund des deskriptiv sehr geringfügigen Mittelwertsunterschiedes nicht als inhaltlich bedeutsam betrachtet.

5.2.1.6.2 Ergebnisse der Speichelprobenanalysen

In der Tabelle 5-12 sind die Mittelwerte (M) und die Standardabweichungen (SD) der Speichelhormonwerte getrennt nach Spendergeschlecht in Abhängigkeit der Messzeitpunkte und Spendebedingungen eingetragen. Hierbei handelt es sich um die Differenzwerte zwischen den Messzeitpunkten t3, t4 und t5 zur Baseline t2. Das Ergebnis der inferenzstatistischen Auswertung der Speichelproben ist der Tabelle 5-13 zu entnehmen. Im Folgenden werden die Ergebnisse nach Hormon und Spendergeschlecht getrennt beschrieben.

Männliche Spender: Kortisolwerte (Design 1)

Wie aus der Tabelle 5-13 zu ersehen ist, wiesen die männlichen Spender in der Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation einen erhöhten Kortisolspiegel auf [Haupteffekt Spende: $F(1, 17) = 29.62$; $p < 0{,}001$].

Tabelle 5-12: Deskriptive Darstellung der Ergebnisse Speichelproben Differenzwerte

Speichelhormonwerte				Messzeitpunkte		
Hormon	Spender-geschlecht	Spendesituation		t3-t2	t4-t2	t5-t2
Kortisol in µg/dl	Männer (Design 1)	Prüfung	M	0,05 (N = 28)	0,22 (N = 28)	0,60 (N = 18)
			S	0,23	0,32	0,5
		Sport	M	-0,11 (N = 28)	-0,21 (N = 28)	-0,23 (N = 18)
			S	0,24	0,31	0,37
	Frauen (Design 2)	Prüfung	M	-0,14 (N = 21)	-0,22 (N = 21)	0,03 (N = 15)
			S	0,20	0,38	0,60
		Sport	M	-0,21 (N = 21)	-0,33 (N = 21)	-0,39 (N = 15)
			S	0,22	0,37	0,40
Testosteron in pg/ml	Männer (Design 3)	Prüfung	M	7,80 (N = 26)	14,74 (N = 27)	36,96 (N = 17)
			S	53,32	65,76	105,87
		Sport	M	-3,27 (N = 27)	0,56 (N = 27)	-18,54 (N = 17)
			S	31,64	43,64	42,90
	Frauen (Design 4)	Prüfung	M	-1,31 (N = 21)	10,45 (N = 21)	4,91 (N = 15)
			S	29,79	36,47	44,94
		Sport	M	-14,46 (N = 21)	-15,54 (N = 21)	-25,74 (N = 15)
			S	29,22	30,66	35,23

Eine Auflösung des Haupteffektes mittels t-Test für abhängige Stichproben ergab, dass zu jedem Messzeitpunkt der Kortisolspiegel in der Prüfungssituation höher lag, verglichen mit den Werten in der Sportsituation [t3-t2 (Prüfung vs. Sport): t (27) = 3,09; p = 0,002; zweiseitig; t4-t2 (Prüfung vs. Sport): t (27) = 6,33; p < 0,001; zweiseitig; t5-t2 (Prüfung vs. Sport): t (17) = 5,35; p < 0,001; zweiseitig].

Des Weiteren zeigte sich, dass die Kortisolwerte über die Messzeitpunkte der Spendensituationen veränderte [Haupteffekt Messzeit: F(1,52, 34) = 8,04; p = 0,004]. Mittels t-Test für abhängige Stichproben ließ sich ein Anstieg der Differenzwerte (t3-t2) zu (t5-t2) [t(17) = 3,184; p = 0,002 zweiseitig] und (t4-t2) zu (t5-t2) [t(17) = 2,74; p = 0,007; zweiseitig] während der Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation feststellen. Darüber hinaus wurde eine Interaktion zwischen den Faktoren Spende und Messzeit signifikant [F(1,41, 34) = 14,81; p < 0,001].

Tabelle 5-13: Ergebnis VA Speichelprobenanalyse

Hormon	Design		Quelle	QS	df	MS	F	p
Kortisol	Männer Design 1	Haupteffekt	Zeit	0,99	1,52	0,65	8,04	**0,004**
		Fehler	Zeit	2,1	34	0,06		
		Haupteffekt	Spende	6,2	1	6,2	29,62	**> 0,001**
		Fehler	Spende	3,56	17	0,21		
		Interaktion	Zeit x Spende	2,14	1,41	1,51	14,81	**> 0,001**
		Fehler	Zeit x Spende	2,45	34	0,07		
	Frauen Design 2	Haupteffekt	Zeit	0,03	1,21	0,03	0,23	0,686
		Fehler	Zeit	1,91	28	0,07		
		Haupteffekt	Spende	1,31	1	1,31	8,74	**0,010**
		Fehler	Spende	2,1	14	0,15		
		Interaktion	Zeit x Spende	0,4	1,51	0,26	3,44	0,062
		Fehler	Zeit x Spende	1,63	28	0,06		
Testosteron	Männer Design 3	Haupteffekt	Zeit	1985,69	2	994,47	0,54	0,590
		Fehler	Zeit	59319,03	32	1853,72		
		Haupteffekt	Spende	9914,03	1	9914,03	1,63	0,220
		Fehler	Spende	97457,77	16	6091,11		
		Interaktion	Zeit x Spende	16400,83	1	10261,94	3,98	**0,039**
		Fehler	Zeit x Spende	65881,62	32	2058,8		
	Frauen Design 4	Haupteffekt	Zeit	1225,47	1,93	634,88	0,75	0,479
		Fehler	Zeit	22972,65	28	820,45		
		Haupteffekt	Spende	8177,69	1	8177,69	2,8	0,116
		Fehler	Spende	40869,18	14	2919,23		
		Interaktion	Zeit x Spende	1712,3	1,98	862,99	2,08	0,145
		Fehler	Zeit x Spende	11538,23	28	412,08		

Mittels t-Test für abhängige Stichproben zeigte sich, dass die Differenzen (t3-t2), (t4-t2) und (t5-t2) in der Prüfungssituation höher waren als im Vergleich zur Sportsituation [Prüfung - Sport (t3-t2): t(27) = 3,08, p = 0,002; zweiseitig; Prüfung - Sport (t4-t2): t(27) = 6,32; p <

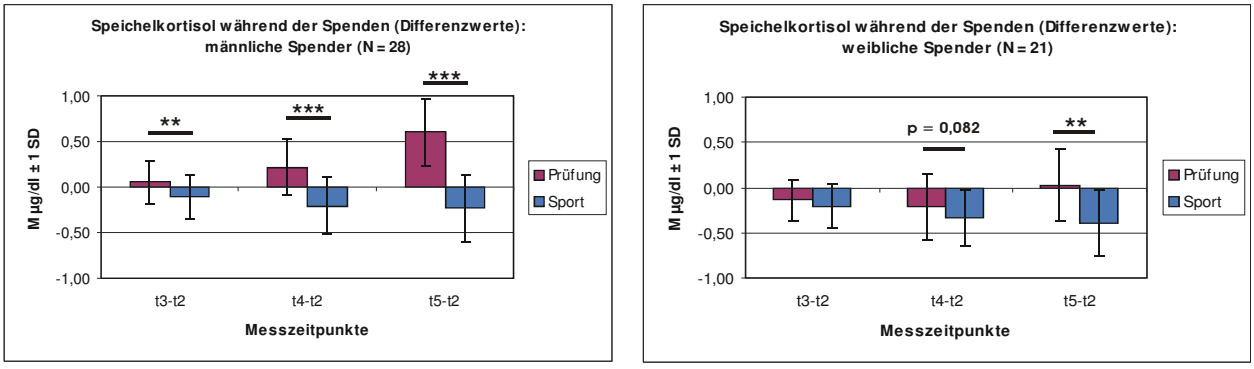
0,005; zweiseitig; Prüfung - Sport (t5-t2): t(17) = 5,34; p < 0,001; zweiseitig]. Die wichtigsten Ergebnisse des Vergleichs zwischen den Speichelkortisolwerten aus der Angst- und der Sportbedingung sind auch in der Abbildung 5-3 graphisch dargestellt.

Weibliche Spender: Kortisolwerte (Design 2)

Wie weiter aus der Tabelle 5-13 ersichtlich wird, wiesen auch weibliche Spender in der Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation einen erhöhten Kortisolspiegel auf [Haupteffekt Spende: F(1, 14) = 8,74; p = 0,010]. Eine Auflösung des Haupteffekts mittels t-Tests für abhängige Stichproben ergab, dass der Speichelkortisolwert in der Prüfung zum Zeitpunkt t5-t2 höher lag als in der Sportsituation [t (14)= 2,99; p = 0,005; zweiseitig] bzw. zum Zeitpunkt t4-t2 in der Prüfungssituation tendenziell höher lag als in der Sportsituation [t (20) = 1,44; p = 0,082; zweiseitig]. Die Ergebnisse sind auch in der Abbildung 5-3 graphisch dargestellt

Männliche Spender: Testosteronlwerte (Design 3)

Die Auswertung der Speicheltestosteronwerte männlicher Spender zeigte eine Interaktion zwischen dem Messzeitpunkt und der Spendensituation auf [F(1, 39) = 3,98; p = 0,039; siehe Tabelle 5-13]. Bei einem Vergleich der Mittelwertsdifferenzen der Testosteronwerte zwischen der Prüfungs- und der Sportsituation mittels t-Tests für abhängige Stichproben ließen jedoch sich keine Unterschiede ermitteln.



(A) **(B)**

Abbildung 5-3: Speichelkortisolwerte (A) männlicher und (B) weiblicher Spender

Weibliche Spender:Testosteronlwerte (Design 4)

Wie die Tabelle 5-13 zeigt, ließen sich für die Faktoren „Spendesituation“ und „Messzeitpunkt“ keine bedeutsamen Einflüsse auf den Testosteronspiegel bei den weiblichen Spendern nachweisen.

5.2.1.6.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Aufgrund der Angaben auf den Fragebögen „Basisemotionen“ und „SAM“ ist davon auszugehen, dass die Prüfungssituation im Gegensatz zur Sportsituation als eine emotional negative und insbesondere als eine Angst induzierende Situation wahrgenommen wurde. So gaben die Spender an, während der Prüfungssituation überwiegend Angst empfunden zu haben, hingegen erlebten sie eigenen Angaben nach während der Sportsituation im Vergleich zur Prüfungssituation in erster Linie Freude. Weiter zeigte sich, dass sich das Erregnungsniveau zwischen den beiden Spendesituationen inhaltlich nicht bedeutsam von einander unterscheid. Die Daten der Speichelkortisolwerte unterstützen den Befund, dass die Prüfungssituation im hohen Maße als eine Stress auslösende, emotional negative Situation erlebt wurde. Die Daten bezüglich des Speicheltestosterons ließen keinen Rückschluss auf das emotionale Erleben der Spender während der Spendesituationen zu. Es ist also festzuhalten, dass die Prüfungssituation als eine hoch Angst auslösende Situation, hingegen die Sportsituation als gleichsam erregend, jedoch als emotional positiv erlebt wurde.

5.2.1.7 Aufbereitung der chemosensorischen Reize

Die Achselschweißproben wurden unmittelbar nach den Spenden in Alufolie verpackt und in einem Gefrierbeutel bei -20° in einem Gefrierschrank eingefroren. Zur selben Zeit wurden der chemosensorische Reiz der Kontrastbedingung aufbereitet: Hierzu wurden unbenutzte Wattepads zum Ausgleich des Flüssigkeitsanteils mit destilliertem Wasser bestäubt, in Alufolie und Gefrierbeuteln verpackt und in demselben Gefrierschrank eingefroren, in welchem auch die Schweißproben lagerten.

Für den experimentellen Einsatz wurden die Körperschweißproben, getrennt nach Spendensituation und Spendergeschlecht, in Teilen aufgetaut und mit Pinzetten zerpflückt. Anschließend wurden die zerpflückten Proben einer Reizklasse durchmischt und mit Hilfe einer elektronischen Waage („BP61“ der Firma Satorius) zu Proben mit je 0,4 Gramm portioniert. Die so portionierten Proben wurden wieder in Alufolie gepackt und in Gefrierbeuteln erneut eingefroren. Auf eine Homogenisierung der unbenutzten Watte, welche als Kontrastbedingung eingesetzt werden sollte, wurde verzichtet, da es sich hierbei um einheitliches Material handelte. Wie im Falle des Körperschweißes wurde jedoch die unbenutzte Watte aufgetaut, in Proben mit einem Gewicht von 0,4 Gramm portioniert und wieder tiefgefroren. Das Homogenisieren und Portionieren der Proben erstreckte sich über einen Zeitraum von zwei Wochen (vom 10.02.05 bis 24.02.05).

Am Versuchstag wurden die Geruchsproben aus dem Gefrierschrank entnommen und bei Zimmertemperatur aufgetaut. Alsdann wurden die Duftkammern des MR-O mit den Geruchsproben bestückt. Dabei wurde in jeweils eine Kammer eine Geruchsprobe von 0,8 Gramm eingeführt. Ein Vergleich der Probengewichte mittels 2x2-faktoriellen varianzanalytischen Designs mit dem Messwiederholungsfaktor Probengewicht und dem Faktor Wahrnehmendengeschlecht ergab, dass sich die eingesetzten Proben in ihrem Gewicht nicht von einander unterschieden (Haupteffekt Gewicht: [$F(2,1, 104) = 1,95$; $p = 0,150$]; Haupteffekt Wahrnehmendengeschlecht: [$F(1, 26) = 2,06$; $p = 0,163$]; Interaktion (Gewicht x Wahrnehmendengeschlecht): [$F(2,1, 104) = 2,3$; $p = 0,107$]).

5.2.2 Visuelle Reize

Die visuellen Reize im Hauptversuch bestanden aus dem „Visuellen Count-down“, der „Inhalationsinstruktion“, der visuellen Konfiguration zur Abgabe einer Rückmeldung sowie dem „Entspannungsbild“. Da es sich hierbei um dieselben Reizkonfigurationen handelt, welche im Versuch zur Methodenvalidierung eingesetzt wurden, wird für eine genaue Beschreibung auf den Punkt 4.1.2.2 verwiesen.

5.2.3 Fragebögen

Da das Fragebogenmaterial, welches im Hauptversuch eingesetzt wurde, bestand aus dem „Händigkeitsfragebogen“, dem Fragebogenmaterial zur Vorhersage von Angst- und Paniksymptomen während des Scanvorgangs (MR-FSS, MR-bezogene Version des STAI X1) sowie den Fragebögen zur Geruchsbeschreibung (quantitative, qualitative und emotionale Geruchsbeschreibung). Da es sich hierbei um dasselbe Fragebogenmaterial handelt, welches im Versuch zur Methodenvalidierung eingesetzt wurde, wird für eine genaue Beschreibung auf den Punkt 4.1.2.3 verwiesen. Alle im Hauptversuch verwendeten Fragebögen sind auch dem Anhang Hauptversuch zu entnehmen.

5.3 Apparatur

5.3.1 MR-kompatibles Olfaktometer

Die chemosensorischen Reize wurde mit Hilfe des unter Punkt 4.1.3.1 beschriebenen MR-O dargeboten. Um gewährleisten zu können, dass das MR-O nicht mit chemosensorischem Reizmaterial kontaminiert ist, welches in der Untersuchung zur Methodenvalidierung eingesetzt wurde, wurden folgende Vorkehrungen getroffen: Vor dem Einsatz des MR-O im

Hauptversuch wurden alle Glasbauteile des Aufbereitungsmoduls für ca. 12 Stunden in einem Hochofen einer Hitze von ca. 600°C ausgesetzt. Weiterhin wurden alle Schläuche und Schlauchverbindungen, welche mit chemosensorischem Material aus dem Vorversuch in Berührung gekommen sein könnten, erneuert. Die Rücklaufsicherungen wurden ebenfalls ausgewechselt. Das MR-O wurde zudem für ca. fünf Stunden ohne chemosensorisches Reizmaterial in Betrieb genommen, um alle Durchgänge durchzulüften. Beim erneuten Einsatz wurden dieselben Flussstromstärken eingesetzt, wie sie bereits im Vorversuch verwendet wurden.

5.3.2 Visuelle Reizdarbietung

Für eine Beschreibung des hier verwendeten MR-kompatiblen Monitors zur Darstellung des visuellen Reizmaterials wird auf den Punkt 4.1.3.2 verwiesen.

5.3.3 Koordinierung der visuellen und chemosensorischen Reize

Die Koordination der visuellen und chemosensorischen Reizdarbietung erfolgte über die Software „Presentation“, welches auf einem Notebook installiert war. Da im Hauptversuch dieselbe Hard- und Software zur Koordination der visuellen und chemosensorischen Reize eingesetzt wurde, wie bereits in der Untersuchung zur Methodenvalidierung beschrieben, wird für eine genaue Beschreibung dieser auf den Punkt 4.1.3.3 verwiesen.

5.3.4 MRT-Scanner

Bei dem verwendeten Scanner handelt es sich um einen Philips Intera Achieva mit einem 3.0 Tesla Magnetfeld. Hierbei handelte es sich um dasselbe Gerät, welches bereits für die Untersuchung zur Methodenvalidierung eingesetzt wurde (siehe Punkt 4.1.3.4).

5.4 Design

5.4.1 Unabhängige Variablen

Dem experimentellen Design des Hauptversuchs liegt ein 3-faktorieller Versuchsplan zugrunde, bestehend aus den Faktoren

1. „Chemosensorischer Reiz“ mit den zwei Stufen „Angst“ und „Sport“
2. „Spendergeschlecht“ mit den zwei Stufen „Männer“ und „Frauen“
3. „Wahrnehmendengeschlecht“ mit den zwei Stufen „Männer“ und „Frauen“

Um Effekte, welche alleinig auf die geruchlichen Eigenschaften der Wattepads zurückzuführen sind, wird unbenutzte Watte („Watte“) als Kontrastbedingung eingeführt. Wie auch in der Untersuchung zur Methodenvalidierung werden die Reize in einem Event-Related-Design dargeboten.

5.4.2 Abhängige Variable

5.4.2.1 Detektierbarkeit und subjektive Beschreibung der chemosensorischen Reize

Die Maße zur Detektierbarkeit der chemosensorischen Reize setzten sich aus dem Geruchsdetektionstest sowie der „Detektionsrate während des Scanvorgangs“ zusammen, welche bereits unter Punkt 4.1.4.2.1 beschrieben wurden. Die subjektive Beschreibung der chemosensorischen Reize setzt sich aus den Fragebögen zur qualitativen, quantitativen und emotionalen Beschreibung der Reize zusammen (vgl. Punkt 4.1.4.2.2).

5.4.2.2 Erfassung der Hirnaktivität während der Darbietung der chemosensorischen Reize

Zur Erfassung der Hirnregionen, welche an der Wahrnehmung des chemosensorischen Reizmaterials beteiligt sind, soll das BOLD–Signal erhoben werden, währenddessen die chemosensorischen Reize entlang expliziter Instruktion inhaliert werden sollen.

5.4.2.3 Kontrollvariablen

Wie auch im Versuch zur Methodenvalidierung wurde im Hauptversuch überprüft, ob die chemosensorischen Reize während des Scanvorgangs instruktionsgemäß inhaliert wurden. So wurde wie bereits unter Punkt 4.1.4.3.2 beschrieben die Atemtätigkeit mit Hilfe eines MR-kompatiblen Atemgurtes online überwacht.

Um die Daten solcher Personen von der Auswertung auszuschließen, welche den Scanvorgang selber im hohen Maße als beängstigend erlebten, wurde nach dem Scanvorgang die unter Punkt 4.1.4.3.3 beschriebene MR-bezogene Version des STAI X1 zur Erfassung der Angst während des Scanvorgangs eingesetzt.

5.5 Chemosensorische Reizdarbietung

5.5.1 Geruchsdetektionstest

Die Steuerung der chemosensorischen Reize für den Geruchsdetektionstest erfolgte halbautomatisch (siehe Punkt 4.1.5.1). Bei der Festlegung der Reihenfolge wurde darauf geachtet, dass nicht zweimal hintereinander der Zielreiz dargeboten wurde. Dem eigentlichen Test geht ein Übungsdurchgang voraus, welcher mit dem ersten Durchgang des Detektionstests identisch ist. Die Reihenfolge der chemosensorischen Reize ist dem Anhang (Hauptversuch: Ablaufprotokoll) zu entnehmen.

5.5.2 Subjektives Rating

Die Darbietung der chemosensorischen Reize zur subjektiven Einschätzung erfolgt halbautomatisch über das MR-O bei festgesetzter Reihenfolge (siehe Punkt 4.1.5.2). Jeder Reiz wurde insgesamt zweimal dargeboten. Im Anhang (Hauptversuch: Ablaufprotokoll) findet sich die Reihenfolge der hierzu dargebotenen chemosensorischen Reize.

5.5.3 fMRT-Sitzung

Jede chemosensorische Reizklasse wurde insgesamt 20-mal - auf vier Durchgänge verteilt – dargeboten. Jede Reizklasse wurde pro Durchgang fünfmal dargeboten, wobei die Reihenfolge der Darbietungen vorsah, niemals einen Reiz einer Reizklasse zweimal hintereinander zu präsentieren (die genaue Abfolge der Trials ist dem Anhang Hauptversuch: Trialabfolge zu entnehmen). Der Ablauf eines Trials entspricht genau jenem, welcher bereits unter Punkt 4.1.5.3 beschrieben wurde (Spacing: 0,65s; Beginn der Reizpräsentation pro Reizklasse jeweils zweimal genau bei Beginn einer TR, zweimal beim 0,2-fachen, 0,4-fachen, 0,6-fachen, 0,8-fachen einer TR; siehe Anhang Hauptversuch: Trialabfolge und zeitliche Koordination). Ein Durchgang begann mit einem Dummy-Trial zur Habituation an den Scanvorgang, woran sich 20 chemosensorische Reizdarbietungen anschließen. Bei einer TR von 3261 ms (3250 +11 ms; siehe Punkt 4.1.6) inklusive eines Dummy-Trials, dauerte jeder Durchgang theoretisch genau 10 min. Diese Zeit erhöhte sich unwesentlich, indem in 1,2% aller Trials ein Scanimpuls nicht erkant wurde und sich das betreffende Trial um ca. 3,5 s verlängerte.

5.6 Physiologische Messdatenerhebung

Die Parameter zur anatomischen T1-3D-Gradientenecho-Messung sowie zur funktionellen T2*-EPI (Echo-Planar-Imaging) Messungen sind in der Tabelle 5-14 aufgeführt. Hierbei han-

delt es sich um dieselben Einstellungen, welche im Versuch zur Methodenvalidierung eingesetzt wurden (vgl. Punkt 4.1.6).

Tabelle 5-14: MR-Aufzeichnungsparameter

Parameter	T1	EPI
Gewichtung	T1/TFE	T2* single shot EPI
Turbofaktor	112	0
Field of View (FOV)	224 mm	220 mm
Matrix	224	80
Voxelgröße	1,00 x 1,03 x 1,00 mm	1,00 x 1,03 x 1,00 mm
Anzahl der Schichten	150	40
Schichtführung	sagittal (parallel zur Schädelbasis)	transversal
Schichtdicke	1 mm	2,75 mm; Gab: 0,25 mm
Acquisition order	Interleaved (1 = ventral)	Interleaved (1 = ventral)
Time of Echo (TE)	3,5 ms	35 ms
Time of Repetition (TR)	7,6 ms	3250 ms[16]
Flip Angel	8°	90°
Phasenkodierrichtung	Anterior-Posterior	Anterior-Posterior

5.7 Durchführung

5.7.1 Telefonischer Erstkontakt und Vorgespräch

Die Durchführung des Experiments begann mit den Abschnitten „Telefonischer Erstkontakt“ und „Vorgespräch“, in welchen die wesentlichen Eingangskriterien abgeprüft wurden. Eine detaillierte Beschreibung dieser Abschnitte findet sich unter Punkt 4.1.7.1 und Punkt 4.1.7.2.

5.7.2 Versuch

Da sich die Bereiche des Abschnitts „Versuch“ der Untersuchung zur Methodenvalidierung und des Hauptversuchs in den meisten Punkten gleichen, werden im Weiteren von einander abweichende Einzelheiten hervorgehoben.

[16] Bei einer vorgegebenen TR von 3250 ms verlängerte sich aufgrund der am MR eingestellten Funktion „dynamic stabilisation“ die TR automatisch um 11 ms auf 3261 ms. Dies bedeutet, dass sich die theoretische Triallänge tatsächlich insgesamt um 77 ms verlängerte. Da die Triallängenverlängerung jedoch bei der Schätzung des Designs berücksichtigt wurde, so hat dieser Parameter keinen weiteren Einfluss auf die Auswertung der funktionellen Bilder.

5.7.2.1 Versuchsvorbereitung

Das Setup für die auswertbaren Sitzungen wurde insgesamt 12-mal aufgebaut, wobei pro Aufbau zwischen 1-4 Vpn das Experiment durchliefen. Vor jedem Versuch wurden die Vpn mündlich wie schriftlich instruiert und es wurden die verbleibenden Eingangsvoraussetzungen überprüft (mittels „Geruchsfragebogen“ und „MR-Tauglichkeits-Checkliste“).

5.7.2.2 Geruchsdetektionstest und Geruchsbeschreibung

Bei Eignung der Vpn wurde der Geruchsdetektionstest zur Erfassung der Detektierbarkeit der vier menschlichen chemosensorischen Reize durchgeführt. Die technischen Einzelheiten des Detektionstests sind bereits unter Punkt 4.1.5.1 genau beschrieben.

Äquivalent zur Methodenvalidierungs-Experiment (siehe Punkt 4.1.7.3.2) wurden im Anschluss an den Geruchsdetektionstest die fünf chemosensorischen Reize zur subjektiven Beschreibung über das MR-O dargeboten.

5.7.2.3 fMRT-Sitzung

Wie bereits unter Punkt 4.1.7.3.3 beschrieben, wurden zunächst die anatomischen Bilder aufgezeichnet und anschließend die funktionelle Messung durchgeführt. Abweichend von der Untersuchung zur Methodenvalidierung wurde nach Abschluss der funktionellen Messung eine weitere T2*-gewichtete Aufzeichnung des Hirns („Ganzkopfbild“) akquiriert. Weitere Details der fMRT-Sitzung sind wieder unter Punkt 4.1.7.3.3 nachzulesen. Der gesamte Versuch dauerte ca. 2 Stunden und 15 Minuten.

5.8 Auswertung und Datenreduktion der MR-Bilder

Die Auswertung der fMRT-Daten erfolgte analog dem Experiment zur Methodenvalidierung über die Programme „MRIcro“ und „SPM2“.

Die Schritte der Konvertierung und Vorverarbeitung der funktionellen und anatomischen Bilder entsprechen denen, welche bereits unter Punkt 4.1.8 aufgeführt sind. Dabei werden die Erkenntnisse der Auswertung des Vorversuchs auf die Auswertung der Daten im Hauptversuch angewendet. So wurden die funktionellen Bilder zunächst einer „Slice Timing Correction“ (Referenzbild: Bild Nr. 20; TA = 3,1795 s) unterzogen. Anschließend wurde eine Bewegungskorrektur (über „Realign & Unwarp“) sowie eine Normalisierung (einschließlich

Koregistrierung) durchgeführt. Abschließend wurden die funktionellen Bilder mit einem Filter von 9 mm geglättet („Smooting“).

5.9 Statistische Auswertung und Hypothesen

5.9.1 Subjektive Daten

Es wird nicht erwartet, dass sich eine chemosensorische Kommunikation von Angst auf subjektiver Ebene abbilden lässt. Aus diesem Grunde werden keine einseitigen Hypothesen über subjektiv-verbale Anteile einer Kommunikation von Emotionen formuliert. Allen inferenzstatistischen Vergleichen wird ein 5%-Signifikanzniveau zugrunde gelegt.

5.9.1.1 Geruchsdetektionstest

Die Auswertung der Detektionsleistungen erfolgt deskriptiv und inferenzstatistisch. In einem 2x2x2-faktoriellen varianzanalytischen Design mit den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ (Angst, Sport), „Spendergeschlecht“ (Männer, Frauen) und „Wahrnehmendengeschlecht“ (Männer, Frauen) sollen Unterschiede in der Detektierbarkeit der Reize aufgedeckt werden. Signifikante Haupteffekte werden als das Ergebnis von 2-Stichproben t-Tests interpretiert. Signifikante Interaktionen sollen über t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben aufgelöst werden.

5.9.1.2 Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs

Neben einer deskriptiven Darstellung der Detektionsraten während des Scanvorgangs erfolgt eine inferenzstatistische Auswertung der Daten entlang zweier unterschiedlicher varianzanalytischer Ansätze.

Unter Ausschluss der Kontrastbedingung „Watte“ („Design ohne Watte“) soll in einem 2x2x2x4-faktoriellen varianzanalytischen Design überprüft werden, ob die menschlichen chemosensorischen Reize in Abhängigkeit der Spendesituation, des Spendergeschlechts, des Wahrnehmendengeschlechts sowie des Messzeitpunktes (Durchgang 1-4) unterschiedlich detektiert werden. Ein Haupteffekt unter einem 2-stufien Faktor wird als das Ergebnis eines t-Tests interpretiert. Ein signifikanter oder tendenziell signifikanter Haupteffekt unter dem Faktor Messzeit wird über t-Tests für abhängige Stichproben aufgelöst. Signifikante Interaktionen erster Ordnung sollen über t-Tests (abhängig bzw. unabhängig), Interaktionen höherer Ordnung hingegen über bedingten Wechselwirkungen aufgelöst werden (zur Methode der Analyse verschachtelter Effekte siehe Levine, 1991).

Unter Einbezug der Kontrastbedingung („Design mit Watte“) wird in einem 5x2x4-faktoriellen varianzanalytischen Design überprüft, ob das Reizmaterial, das Wahrnehmendengeschlecht oder die Messzeitpunkte einen Einfluss auf die Detektierbarkeit der Reize haben. Signifikante Haupteffekte und Interaktionen erster Ordnung werden mit Hilfe von t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben aufgelöst. Interaktionen zweiter Ordnung werden über die oben aufgeführte Methode der bedingten Wechselwirkungen aufgelöst. Bei der Auflösung eines Haupteffekts unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ werden nur Vergleiche der Kontrastbedingung mit den menschlichen Chemoreizen gerechnet. Effekte innerhalb des menschlichen Reizmaterials sollen über das „Design ohne Watte“ ermittelt werden. Sofern sich in beiden Designs die Ergebnisse des Haupteffekts unter dem Faktor Wahrnehmendengeschlecht und Messzeit entsprechen, werden diese nur im „Design ohne Watte“ kommentiert.

5.9.1.3 Qualitative Geruchsbeschreibung

Die Auswertung der Daten zur Geruchsklassifikation erfolgt ausschließlich auf deskriptiver Ebene.

5.9.1.4 Quantitative und emotionale Geruchsbeschreibung

Die Auswertung der Ergebnisse zur quantitativen und emotionalen Geruchsbeschreibung erfolgt separat für jede Skala sowohl auf deskriptiver als auch auf inferenzstatistischer Ebene. Dabei erfolgt die Auswertung jeder Skala entlang zweier unterschiedlicher Ansätze:

In dem ersten varianzanalytischen Verfahren wird die Kontrastbedingung „Watte“ von der Auswertung ausgeschlossen („Design ohne Watte“). Somit können die Daten entlang des unter Punkt 5.4 beschriebenen 2x2x2-varianzanalytischen Designs mit den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ (Angst, Sport), „Spendergeschlecht“ (Männer, Frauen) und „Wahrnehmendengeschlecht“ (Männer, Frauen) untersucht werden. Signifikante oder tendenziell signifikante Haupteffekte werden dabei als das Ergebnis eines 2-Stichproben t-Tests interpretiert. Signifikante oder tendenziell signifikante Interaktionen erster Ordnung werden mit Hilfe von t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben aufgelöst. Dabei sollen die Vergleiche immer nur innerhalb eines Faktors (z.B. „Frauen Angst“ vs. „Männer Angst“ bzw. „Frauen Angst“ vs. „Frauen Sport“) und nicht über die Faktoren gekreuzt (z.B. „Frauen Angst“ vs. „Männer Sport“) berechnet. Signifikante oder tendenziell signifikante Interaktionen zweiter Ordnung werden über bedingte Wechselwirkungen innerhalb der Stufen des Faktors „Empfängergeschlecht“ berechnet. Anschließend werden signifikante oder tendenziell signifikante Hauptef-

fekte als das Ergebnis von t-Tests interpretiert, signifikante oder tendenziell signifikante Interaktionen werden wiederum über t-Tests für abhängige Stichproben aufgelöst.

In einem zweiten Verfahren wird die Kontrastbedingung „Watte“ in ein 5x2-varianzanalytisches Design aufgenommen („Design mit Watte“), mit den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ („Watte“, „Frauen Angst“, „Frauen Sport“, „Männer Angst“ und „Männer Sport“) und „Empfängergeschlecht“ (Männer, Frauen). Ein signifikanter oder tendenziell signifikanter Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ wird über t-Tests für abhängige Stichproben aufgelöst. Auf Mittelwertsvergleiche zwischen den Körpergerüchen wird an dieser Stelle verzichtet, da diese über das „Design ohne Watte“ ermittelt werden sollen. Somit werden nur Vergleiche der Kontrastbedingung mit den Körpergerüchen berechnet. Signifikante Interaktionen zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ werden über die oben erwähnte Methode der bedingten Wechselwirkungen aufgelöst, woran sich bei signifikanten oder tendenziell signifikanten Haupteffekten t-Tests für abhängige Stichproben anschließen. Sofern sich in beiden Designs (mit/ohne Watte) die Ergebnisse des Haupteffekts unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“ entsprechen, werden diese nur im „Design ohne Watte“ kommentiert.

5.9.2 Funktionelle Bilder

5.9.2.1 First-Level-Analyse

Für die statistische Auswertung der funktionellen Bilder wird zunächst für jede Vp ein eigenständiges First-Level-Modell definiert. In dieses Modell werden insgesamt acht Reizklassen aufgenommen: Ereignis 1: die visuelle Ankündigung eines chemosensorischen Reizes („visueller Count-down“); Ereignisse 2-6: die Kombination aus der visuellen Inhalationsinstruktion und der Darbietung des chemosensorischen Reizes („Männer Angst“, „Männer Sport“, „Frauen Angst“, „Frauen Sport“ und „Watte“); Ereignis 7: die Antizipation einer motorischen Reaktion; Ereignis 8: die Kombination aus visuellem Hinweis zur Abgabe einer motorischen Reaktion, der Abgabe einer motorischen Reaktion und gegebenenfalls die visuelle Rückmeldung über das Ausbleiben einer Reaktion („!“). Die Tabelle 5-15 bietet eine Übersicht, über die im Design aufgenommenen Ereignisse. In der Abbildung 5-4 sind die Ereignisse eines Trials noch einmal graphisch dargestellt.

Tabelle 5-15: Übersicht über die in das Modell aufgenommenen Ereignisse

Ereignisnummer	Ereignis	Dauer
1	Visueller Countdown (orange)	2950 ms
2-6	Kombination aus Inhalationsinstruktion und Darbietung des Chemoreizes (Männer Angst, Männer Sport, Frauen Angst, Frauen Sport, Watte) (grün)	2950 ms
7	Antizipation einer motorische Reaktion (grau/weiß)	Beginn 2 s nach Beendigung der Darbietung des Chemoreizes; Ende bei Ereignis 8
8	Kombination aus visuellem Hinweis zur Abgabe einer motorischen Reaktion und der Abgabe einer motorischen Reaktion (blau)	Reaktionszeit

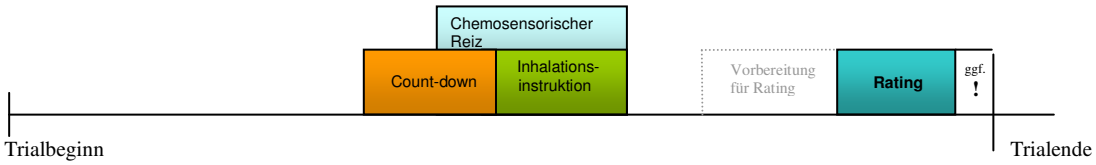


Abbildung 5-4: Vereinfachte Darstellung eines Trials

Das Design, welches der First-Level-Analyse zu Grunde liegt, wurde mit denselben Einstellungen vorgenommen, wie sie bereits im Versuch zur Methodenvalidierung unter Punkt 4.1.9.2 beschrieben wurde (Designparameter: „Interscan intervall“: 3.261; „scans per session“: 24 x 222; „hemodynamic basic function“: hrf; keine Modellinteraktionen; keine parametrische Modulation; keine zusätzlichen Regressoren; Zuweisung der funktionellen Bilder zum Design: „remove global effects“: none; „high pass filter“: 128 Hz; „Correct for serial correlations“: none). Nach der Schätzung des Designs wurde für jedes der acht Ereignisse der zugehörige Einzeleffekt bestimmt (z.B. wurde für Ereignis 2 der Kontrast: „0 1 0 0 0 0 0 0“ formuliert). Die aus dieser Berechung neu geschriebenen „con.images“ dienten als Grundlage für die Second-Level-Analyse. In der Abbildung 5-5 ist die Matrix des First-Level-Designs einer Vp dargestellt.

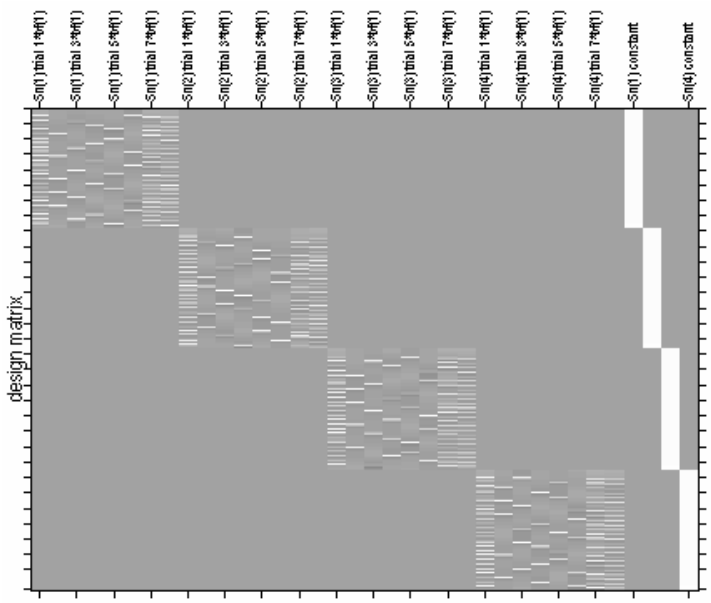


Abbildung 5-5: Designmatrix des First-Level-Modells einer Vp

5.9.2.2 Second-Level-Analyse

Bei der Auswertung eines 2x2x2-varianzanalytischen Designs („Design ohne Watte“) bzw. bei einem 5x2-varianzanalytischen Design („Design mit Watte“) der funktionellen Bilder muss berücksichtigt werden, dass für eine solches Designs kein adäquates, mehrfaktorielles varianzanalytisches Verfahren in „SPM2“ zur Verfügung stand. Zwar lassen sich mit Hilfe von „SPM2“ Varianzanalysen für fMRT-Daten berechnen, jedoch sind diese einfaktoriell, wobei der Faktor immer so viele Ausprägungen besitzt, wie Ereignisse in das Modell mit aufgenommen wurden. Da zur Varianzreduktion neben den chemosensorischen Reizen drei weitere Ereignisse mit modelliert wurden (siehe Punkt 5.9.2.1), ist die Berechnung eines Haupteffekts hier nicht sinnvoll. Somit erfolgt die Berechnung über Einzelvergleiche mittels Kontrasten. Hierzu wurden die acht „con.images“ jeder Vp in drei verschiedene Designs [Design Type: „One way Anova (Within-subjects)“] überführt: „Männer und Frauen als Wahrnehmende“, „Männer als Wahrnehmende“ und „Frauen als Wahrnehmende“.

Hypothesenorientierte Auswertung

Es wird angenommen, dass die Amygdala, der BNST, der Hypothalamus sowie der Hippokampus an der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beteiligt sind. Wie sich in der Untersuchung zur Methodenvalidierung andeutete, scheint auch der OFK an der Wahrnehmung menschlicher chemosensorischer Reize beteiligt zu sein. Somit wird auch er zu den Regionen gezählt, welche vermuteter Maßen an der Wahrnehmung chemosensorischer Angst-

signale beteiligt ist. Dabei wird erwartet, dass in den genannten Regionen („regions of interest“: ROI) ungeachtet des Spender- und des Wahrnehmendengeschlechts in den Kontrasten „Angst > Sport“ in den ROI´s vermehrte Aktivierungen auftreten. Für eine Überprüfung der unter Punkt 3.2.2 aufgeführten Hypothesen werden apriori die zu berechnenden Kontraste festgelegt, welche zur Übersicht in der Tabelle 5-16 eingetragen sind. Die Hypothesen werden mit Hilfe einer ROI-Analyse überprüft. Hierbei werden die ROI´s aus dem hierfür standardmäßig eingesetzten Programm „WFU-Pick-Atlas“ übernommen und sollen bei Bedarf den anatomischen Gegebenheiten der Vpn angepasst werden. Da in dieser Software keine anatomische Vorlage für den Hypothalamus bzw. den BNST vorliegt, müssen diese entsprechend den anatomischen Gegebenheiten der Vpn angefertigt werden. Alle ROI´s werden bilateral abgelegt. Eine Überprüfung der Hypothesen findet auf einem FWE-korrigierten α-Niveau von 5% bei k (Mindestvoxelgröße) ≥ 1 statt.

Tabelle 5-16: Übersicht über die geplanten Kontraste der Hauptanalyse

Reiz	Reiz x Spender	Reiz x Empfänger	Reiz x Empfänger x Spender
A vs. S	M_S: A vs. S	M_W: A vs. S	M_W: $M_{S: A}$ vs. $M_{S: S}$
	F_S: A vs. S	F_W : A vs. S	M_W: $F_{S: A}$ vs. $F_{S: S}$
			F_W: $M_{S: A}$ vs. $M_{S: S}$
			F_W: $F_{S: A}$ vs. $F_{S: S}$

Legende	
W: Watte	F_S: Frauenspender
A: Angst	M_W: Männer als Wahrnehmende
S: Sport	F_W: Frauen als Wahrnehmende
M_S: Männerspender	M_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$: Männer nehmen weibliche Spender wahr; es wird hierbei der Kontrast „Angst > Sport“ und „Sport > Angst“ berechnet

Parallel zu den ROI-Analysen sollen für jeden geplanten Kontrast die Aktivierungen (k ≥ 1) des gesamten Hirns (Gesamthirnanalyse) dargestellt werden, wobei das unkorrigierte α-Niveau bei 0,1% festgelegt wird.

In dem Falle, dass die Wahrnehmung des Angst- und des Sportschweißes keine differenziellen Aktivierungsmuster hervorrufen, sollen Vergleiche der Aktivierungen der Körpergerüche und „Watte“ mittels Kontrasten berechnet werden. Dabei soll die Auswertung sowohl über ROI- als auch über Gesamthirnanalysen erfolgen (ROI-Analysen: FWE-korrigiertes α-Niveau von 5% bei k ≥ 1; Gesamthirnanalysen: unkorrigiertes α-Niveau bei 0,1%).

Explorative Datenanalysen

Aufgrund der Bedeutsamkeit der sozialen Ängstlichkeit als Wahrnehmendeneigenschaft bei der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale, soll auf explorativer Ebene die Gruppe der Vpn an Hand des SIAS über einen Median-Split in eine hoch- und eine niedrigscorende Gruppe aufgeteilt werden. Auf der Grundlage dieser Gruppenaufteilung soll eine erneute Berechnung der funktionellen Bilder erfolgen. Die hierfür geplanten Kontraste entsprechen jenen, welche in der Tabelle 5-16 bereits dargestellt wurden. Dabei sollen sowohl ROI-Analysen (FWE-korrigierten α-Niveau von 5% bei $k \geq 1$) als auch Gesamthirn-Analysen (α-Niveau = 0,1% unkorrigiert) berechnet werden. Gegebenenfalls soll sich eine hypothesenzentrierte Reanalyse der subjektiven Daten anschließen.

Weiterhin soll auf explorativer Ebene untersucht werden, welche Effekte ungeachtet der Spendebedingung nur auf das Spender- bzw. das Wahrnehmendengeschlecht zurückzuführen sind. Hierzu sollen die funktionellen Bilder über die Spendesituationen zusammen ausgewertet werden. Eine Übersicht der geplanten Kontraste ist der Tabelle 5-17 zu entnehmen. Die Analyse erfolgt über das gesamte Hirn bei einem unkorrigierten α-Niveau von 0,1%.

Tabelle 5-17: Übersicht über Kontraste zur Bestimmung von Geschlechtseffekten

Wahrnehmendengeschlecht	Spendergeschlecht	Wahrnehmendengeschlecht x Spendergeschlecht
$M_W > F_W$	$M_S > F_S$	$M_W: M_S > F_S$
$F_W > M_W$	$F_S > M_S$	$M_W: F_S > M_S$
		$F_W: M_S > F_S$
		$F_W: F_S > M_S$

Legende

M_S: Männerspender

F_S: Frauenspender

M_W: Männer als Wahrnehmende

F_W: Frauen als Wahrnehmende

$M_W: M_S > F_S$: Im Falle männlicher Wahrnehmender wird der männliche Schweiß mit dem weiblichen Schweiß kontrastiert

6 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Auswertungen der subjektiven Daten dargestellt. Danach erfolgt die Ergebnisdarstellung der funktionellen Bilder. Explorative Datenanalysen schließen sich hieran an.

6.1 Subjektive Daten

6.1.1 Geruchsdetektionstest

Das Ergebnis der deskriptiven Auswertung des Detektionstests ist der Tabelle 6-1 und der Abbildung 6-1 zu entnehmen. In der Tabelle 6-1 ist für jeden chemosensorischen Reiz der mittlere prozentuale Anteil (M; sowie die zugehörige Standardabweichung: SD) derjenigen Vpn eingetragen, welche in der Lage waren, den jeweiligen Reiz erfolgreich zu detektieren.

Tabelle 6-1: Deskriptive Auswertung der Detektionsleistung; %-Anteil der Vpn, welche die einzelnen Reize detektieren konnten

Wahrnehmende		Reiz				
		FA	FS	MA	MS	gesamt
Frauen (N = 14)	M	50,00	57,14	64,29	35,71	51,78
	SD	51,89	51,36	49,72	49,72	37,29
Männer (N = 14)	M	35,71	28,57	21,43	14,29	25
	SD	49,72	46,88	42,58	36,31	29,41
Gesamt (N = 28)	M	42,86	42,86	42,86	25,00	38,39
	SD	50,40	50,40	50,40	44,10	35,67

In Tabelle 6-2 ist das Ergebnis der varianzanalytischen Auswertung dieser Daten eingetragen. Der signifikante Haupteffekt unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 4,42; p = 0,045] zeigt auf, dass Frauen (mit durchschnittlich ca. 52 %) die Reize erfolgreicher detektierten als Männer (mit durchschnittlich 25%). Darüber hinaus ließen sich keine weiteren signifikanten Haupteffekte oder Interaktionen aufzeigen.

Tabelle 6-2: Ergebnis VA Geruchsdetektion

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,22	1	0,22	1,92	0,177
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,01	1	0,01	0,08	0,784
Fehler	Reiz	3,02	26	0,12		
Haupteffekt	Spender	0,22	1	0,22	1,47	0,236
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	0,08	1	0,08	0,53	0,473
Fehler	Spender	3,95	26	0,15		
Interaktion	Reiz x Spender	0,22	1	0,22	1,21	0,282
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,22	1	0,22	1,21	0,282
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	4,80	26	0,18		
Haupteffekt	Wahrnehmende	2,01	1	2,01	4,45	**0,045**
Fehler	Wahrnehmende	11,73	26	0,45		

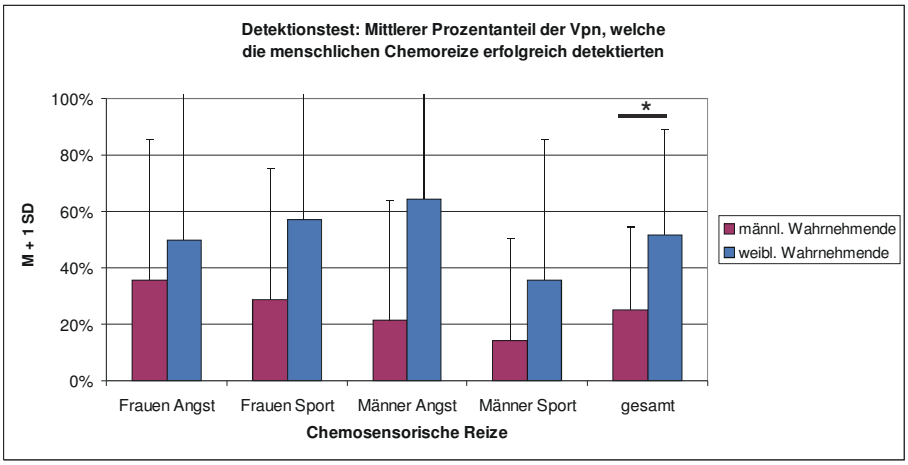


Abbildung 6-1: Auswertung des Detektionstests

6.1.2 Detektionsraten während des Scanvorgangs

Die Detektionsraten während des Scanvorgangs geben Auskunft darüber, in wie viel Prozent der Fälle die jeweiligen Reize während der Präsentation im Scanner als wahrnehmbarer Geruch erkannt wurden. Die deskriptive Ergebnisdarstellung der Detektionsraten ist in tabellarischer Form dem Anhang (Tabelle 10-7) und in graphischer Form der Abbildung 6-2 zu entnehmen. Es folgt die Darstellung der inferenzstatistischen Auswertung.

Design ohne Watte

Wie aus der Tabelle 6-3 hervorgeht, ergab die varianzanalytische Auswertung der Verhaltensdaten auf Grundlage des „Design ohne Watte“ einen Haupteffekt für den Faktor „Mess-

Tabelle 6-3: Ergebnis VA im Design ohne Watte „Detektionsrate“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	4008,04	1	4008,04	2,74	0,110
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	4128,57	1	4128,57	2,82	0,105
Fehler	Reiz	38075,89	26	1464,46		
Haupteffekt	Spender	8058,04	1	8058,04	4,32	**0,048**
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	5157,14	1	5157,14	2,76	0,108
Fehler	Spender	48522,32	26	1866,24		
Haupteffekt	Zeit	18047,10	2,30	7863,08	8,88	**> 0,001**
Interaktion	Zeit x Wahrnehmende	525,67	2,30	229,03	0,26	0,802
Fehler	Zeit	52833,48	78	677,35		
Interaktion	Reiz x Spender	27,01	1	27,01	0,01	0,912
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	412,72	1	412,72	0,19	0,668
Fehler	Reiz x Spender	56954,02	26	2190,54		
Interaktion	Reiz x Zeit	752,68	2,75	273,46	0,68	0,555
Interaktion	Reiz x Zeit x Wahrnehmende	2107,14	2,75	765,54	1,90	0,141
Fehler	Reiz x Zeit	28777,68	78	368,94		
Interaktion	Spender x Zeit	538,39	3	179,46	0,48	0,698
Interaktion	Spender x Zeit x Wahrnehmende	992,86	3	330,95	0,88	0,454
Fehler	Spender x Zeit	29281,25	78	375,40		
Interaktion	Reiz x Spender x Zeit	2948,88	3	982,96	1,98	0,125
Interaktion	Reiz x Spender x Zeit x Wahrnehmende	1016,74	3	338,91	0,68	0,566
Fehler	Reiz x Spender x Zeit	38815,63	78	497,64		
Haupteffekt	Wahrnehmende	45000,22	1	45000,22	6,91	**0,014**
Fehler	Fehler	169329,02	26	6512,65		

zeit“ [F(2,3 , 78) = 8,88; p < 0,001]. Eine Auflösung des Haupteffektes mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-4) zeigte, dass im Durchgang 1 grundsätzlich seltener ein Geruch wahrgenommen wurde verglichen mit den Durchgängen 2-4 [Vergleich (Durchgang 1 vs. Durchgang 2): t(27) = -2,59; p = 0,015; Vergleich (Durchgang 1 vs. Durchgang 2): t(27) = -3,71; p = 0,001; Vergleich (Durchgang 1 vs. Durchgang 3): t(27) = -3,23; p = 0,003]. Die Detektionsraten lagen im Durchgang 4 tendenziell höher als im Vergleich dazu im Durchgang 2 [Vergleich (Durchgang 2 vs. Durchgang 4): t(27) = -1,74; p = 0,093].

Tabelle 6-4: Ergebnis t-Tests für abhängige Stichproben; Vergleich der Detektionsleistungen während des Scanvorgangs zwischen den Messezeitpunkten

Vergleich	M-Diff	t	df	p
Durchgang 1 vs. Durchgang 2	-11,07	-2,59	27	0,015
Durchgang 1 vs. Durchgang 3	-15,89	-3,71	27	0,001
Durchgang 1 vs. Durchgang 4	-18,21	-3,23	27	0,003
Durchgang 2 vs. Durchgang 3	-4,82	-1,56	27	0,130
Durchgang 2 vs. Durchgang 4	-7,14	-1,74	27	0,093
Durchgang 3 vs. Durchgang 4	-2,32	-0,82	27	0,420

Weiter ergab die varianzanalytische Auswertung, dass über den gesamten Scanvorgang im Vergleich zu den weiblichen Wahrnehmenden die männlichen Versuchsteilnehmer häufiger angaben, einen Geruch wahrgenommen zu haben [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): F(1, 26) = 6,91; p = 0,014]. Ungeachtet des Wahrnehmendengeschlechts und der Spendesituation wurde der männliche Chemoreiz häufiger als Geruch wahrgenommen als der weibliche [Haupteffekt (Spendergeschlecht): F(1, 16) = 4,32; p = 0,048].

Design mit Watte

Die varianzanalytische Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs ergab einen tendenziellen Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(4, 104) = 2,39; p = 0,056], wie der Tabelle 6-5 zu entnehmen ist.

Tabelle 6-5: Ergebnis VA im Design mit Watte „Detektionsrate“

	Quelle	QS	df	MS	F	Signifikanz
Haupteffekt	Reiz	18848,48	4	4712,12	2,39	**0,056**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	11160,98	4	2790,25	1,41	0,235
Fehler	Reiz	205388,04	104	1974,88		
Haupteffekt	Zeit	17619,29	2,28	7739,27	7,45	**0,001**
Interaktion	Zeit x Wahrnehmende	620,00	2,28	272,34	0,26	0,798
Fehler	Zeit	61520,71	78	788,73		
Interaktion	Reiz x Zeit	5577,59	12	464,80	1,14	0,328
Interaktion	Reiz x Zeit x Wahrnehmende	4175,09	12	347,92	0,85	0,597
Fehler	Reiz x Zeit	127399,82	312	408,33		
Haupteffekt	Wahrnehmende	47545,71	1	47545,71	6,44	**0,018**
Fehler	Fehler	192087,86	26	7387,99		

Eine Auflösung dieses Haupteffektes mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-6) ergab, dass „Watte“ gegenüber „Frauen Sport“ häufiger als Geruch wahrgenommen wurde [t(27) = 2,35; p = 0,027] bzw. dass „Watte“ gegenüber „Frauen Angst“ tendenziell häufiger als Geruch wahrgenommen wurde [t(27) = 1,74; p = 0,093]. Auf die Haupteffekte unter den Faktoren „Messzeit“ und Wahrnehmendengeschlecht wird nicht weiter eingegangen, da diese bereits im Design ohne Watte kommentiert wurden.

Tabelle 6-6: Ergebnis t-Tests für abhängige Stichproben; Vergleich der Detektionsleistungen während des Scanvorgangs

Vergleich	M-Diff	t	df	p
„Männer Sport“ vs. „Watte“	7,68	1,31	27	0,203
„Männer Angst“ vs. „Watte“	1,21	0,19	27	0,854
„Frauen Sport“ vs. „Watte“	15,67	2,34	27	**0,027**
„Frauen Angst“ vs. „Watte“	10,18	1,74	27	**0,093**

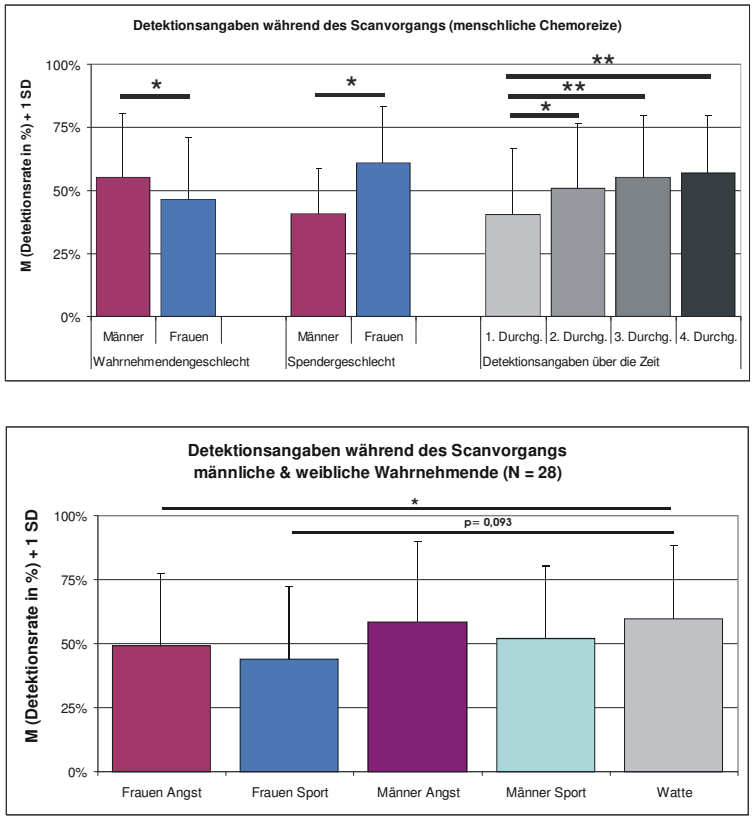


Abbildung 6-2: Detektionsangaben während des Scanvorgangs

6.1.3 Qualitative Geruchsbeschreibung

Die deskriptive Auswertung der Angaben zur qualitativen Geruchsbeschreibung ist der Tabelle 6-7 zu entnehmen. In den Zellen der Tabelle ist der prozentuale Anteil der Vpn aufgeführt, welche sich zur Beschreibung eines Reizes für eine der sechs Kategorien entschieden haben[17]. Die Abbildung 6-3 verdeutlichen die in der Tabelle 6-7 aufgeführten Daten graphisch. Auf der Abszisse sind die Duftkategorien und auf der Ordinate der prozentuale Anteil der Vpn, welche sich für die jeweilige Kategorie entschieden haben, abgetragen.

Auf deskriptiver Ebene lässt sich erkennen, dass die menschlichen Reize am häufigsten mit den Begriffen „harzig“ (19,65%), „würzig“ (26,78%) und „faulig“ (18,75%) beschrieben wurden (siehe unterste Zeile in der Tabelle).

Tabelle 6-7: Ergebnis Qualitative Geruchsbeschreibung, Angaben in Prozent

Geschlecht		Reiz	Kategorien					
Wahrnehm-endengeschlecht	Spender		blumig	brenzlig	harzig	würzig	faulig	fruchtig
Frauen	Frauen	Angst	21,43	0	21,43	50	7,14	0
		Sport	21,43	7,14	21,43	28,57	14,29	7,14
	Männer	Angst	0	28,57	14,29	21,43	35,71	0
		Sport	7,14	0	21,43	0	42,86	28,57
	-	Watte	28,57	14,29	0	28,57	7,14	21,43
Männer	Frauen	Angst	14,29	14,29	28,57	21,43	7,14	14,29
		Sport	21,43	7,14	14,29	35,71	14,29	7,14
	Männer	Angst	7,14	7,14	21,43	21,43	14,29	28,57
		Sport	21,43	7,14	14,29	35,71	14,29	7,14
	-	Watte	35,71	0	14,29	14,29	0	35,71
gesamt	Frauen	Angst	17,86	7,15	25,00	35,72	7,14	7,15
		Sport	21,43	7,14	17,86	32,14	14,29	7,14
	Männer	Angst	3,57	17,86	17,86	21,43	25,00	14,29
		Sport	14,29	3,57	17,86	17,86	28,58	17,86
	-	Watte	32,14	7,14	7,14	21,43	3,57	28,57
gesamt	Frauen	A/S	19,65	7,14	21,43	33,93	10,72	7,14
	Männer	A/S	8,93	10,71	17,86	19,64	26,79	16,07
gesamt	gesamt	Angst	10,72	12,50	21,43	28,57	16,07	10,71
		Sport	17,86	5,36	17,86	25,00	21,43	12,50
gesamt	gesamt	A/S	14,29	8,93	19,65	26,78	18,75	11,60

[17] Zum leichteren Verständnis der Ergebnise sei noch einmal darauf hingewiesen, dass zur Beschreibung eines chemosensorischen Reizes eine von sechs Kategorien ausgewählt werden soll. Somit addieren sich die Werte einer Zeile zu 100%. Aus Gründen der Übersicht und im Sinne der Datenreduktion wird hier nur solche Vergleiche kommentiert, welche eine Differenz von mindestens 10% aufweisen.

Effekte über die Spendebedingung

Es zeigte sich, dass der männliche Sportschweiß im Vergleich zum Angstschweiß männlicher Spender häufiger als „brenzlig“ beschrieben wurde (Männer Angst: „brenzlig“ = 17,78%; Männer Sport: „brenzlig“ = 3,57%) – ein Antwortverhalten, welches auf weibliche Wahrnehmende zurückzuführen ist {[Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst: „brenzlig“ = 28,57%]; [Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport: „brenzlig“ = 0%]; [Männer (Wahrnehmende): Männer Angst: „brenzlig“ = 7,14%]; [Männer (Wahrnehmende): Männer Sport: „brenzlig“ = 7,14%]}. Männlicher Angstschweiß wurde im Vergleich zu Sportschweiß männlicher Spender weniger häufig als „blumig“ beschrieben [(Männer Angst: „blumig“ = 3,57%); (Männer Sport: „blumig“ = 14,29%)], wobei dieses Antwortverhalten vor allem auf die männlichen Wahrnehmenden zurückzuführen ist {[Männer (Wahrnehmende): Männer Angst: „blumig“ = 7,14%]; [Männer (Wahrnehmende): Männer Sport: „blumig“ = 21,43%]; [Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst: „blumig“ = 0%]; [Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport: „blumig“ = 7,14%]}.

Während männliche Wahrnehmende den Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß als „würziger“ beschrieben {[Männer (Wahrnehmende): Männer Angst: „würzig“ = 21,43%]; [Männer (Wahrnehmende): Männer Sport: „würzig“ = 35,71%]; [Männer (Wahrnehmende): Frauen Angst: „würzig“ = 21,43%]; [Männer (Wahrnehmende): Frauen Sport: „würzig“ = 35,71%]}, so kehrt sich dieses Antwortverhalten bei weiblichen Empfängern um {[Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst: „würzig“ = 21,43%]; [Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport: „würzig“ = 0%]; [Frauen (Wahrnehmende): Frauen Angst: „würzig“ = 50%]; [Frauen (Wahrnehmende): Frauen Sport: „würzig“ = 28,57%]}. Weibliche Wahrnehmende gaben häufiger an, den männlichen Sportschweiß im Vergleich zum Angstschweiß männlicher Spender als „fruchtiger“ einzuschätzen {[Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst: „fruchtig“ = 0%]; [Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport: „fruchtig“ = 28,57%]} – ein Effekte welcher sich männlichen Wahrnehmenden umkehrte {[Männer (Wahrnehmende): Männer Angst: „fruchtig“ = 28,57%]; [Männer (Wahrnehmende): Männer Sport: „faulig“ = 7,14%]}.

Effekte zwischen den Spendebedingungen und Watte

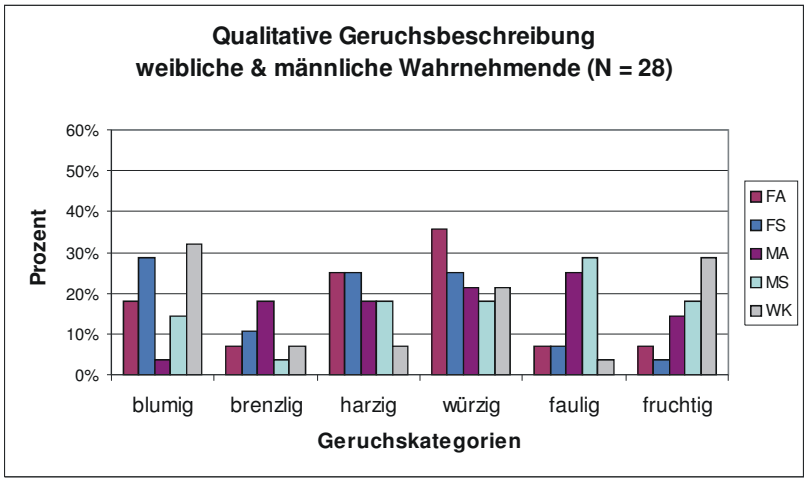
Im Vergleich der Bewertung der Schweißproben und „Watte“ zeigte sich, dass „Watte“ häufiger als „blumig“ und „fruchtig“, jedoch weniger häufig als „harzig“, und „faulig“ beschrieben wurde [(Watte: „blumig“ = 32,14%); (Schweiß: „blumig“ = 14,29%); (Watte: „fruchtig“ = 28,57%); (Schweiß: „fruchtig“ = 11,6%); (Watte: „harzig“ = 7,14%); (Schweiß: „harzig“ = 19,65%); (Watte: „faulig“ = 3,57%); (Schweiß: „faulig“ = 18,75%)].

Effekte über Geschlechter

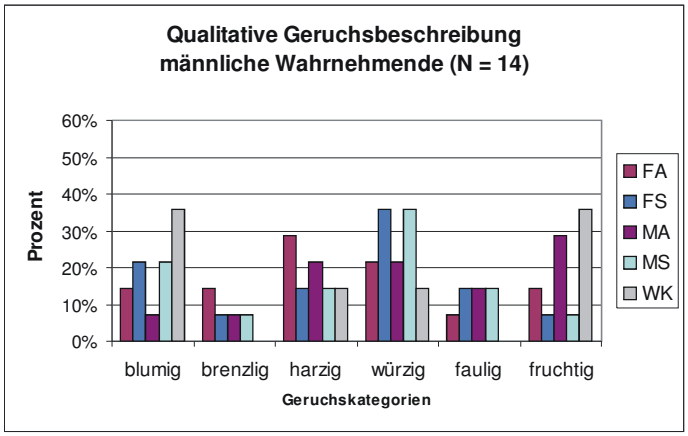
Wie aus Tabelle 6-7 hervorgeht, wurde der Körpergeruch von Frauen im Vergleich zu dem Reizmaterial Schweiß männlicher Spender häufiger als „blumig“ und „würzig“ hingegen seltener als „faulig“ und „fruchtig“ beschrieben [(Frauenschweiß: „blumig“ = 19,65%; Männerschweiß: „blumig“ 8,39%); (Frauenschweiß: „würzig“ = 33,93%; Männerschweiß: „würzig“ 19,64%); (Frauenschweiß: „faulig“ = 10,72%; Männerschweiß: „faulig“ 26,79%); (Frauenschweiß: „fruchtig“ = 7,14%; Männerschweiß: „fruchtig“ 16,07%)]. Zur leichteren Interpretation dieser Geschlechtseffekte sind in Tabelle 6-8 die relativen Häufigkeiten der Reizkategorisierungen der menschlichen chemosensorischen Reize (ohne „Watte“) zusammenfassend dargestellt. Dabei wurden die Angaben männlicher und weiblicher Wahrnehmender über die Spendensituationen gemittelt. Zudem sind in der Tabelle die Differenzwerte „Frauenschweiß - Männerschweiß“ für weibliche und männliche Wahrnehmender dargestellt. Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, dass Frauen stärker als Männer zwischen den Spendergeschlechtern zu differenzieren schienen, wie sich an Hand der Kategorien „blumig“, „brenzlig“, „würzig“ und „faulig“ erkennen lässt {[Frauen (Wahrnehmende): „blumig“ Differenz Frauen-Männer = 17,86%]; [Männer (Wahrnehmende): „blumig“ Differenz Frauen-Männer = 3,57]; [Frauen (Wahrnehmende): „brenzlig“ Differenz Frauen-Männer = -10,71%]; [Männer (Wahrnehmende): „brenzlig“ Differenz Frauen-Männer = 3,75%]; [Frauen (Wahrnehmende): „würzig“ Differenz Frauen-Männer = 28,57%]; [Männer (Wahrnehmende): „würzig“ Differenz Frauen-Männer = 0%]; [Frauen (Wahrnehmende): „faulig“ Differenz Frauen-Männer = -28,57%]; [Männer (Wahrnehmende): „faulig“ Differenz Frauen-Männer = -7,14%]}.

Tabelle 6-8: Ergebnis Qualitative Geruchsbeschreibung über alle menschlichen chemosensorischen Reize; Angaben in Prozent

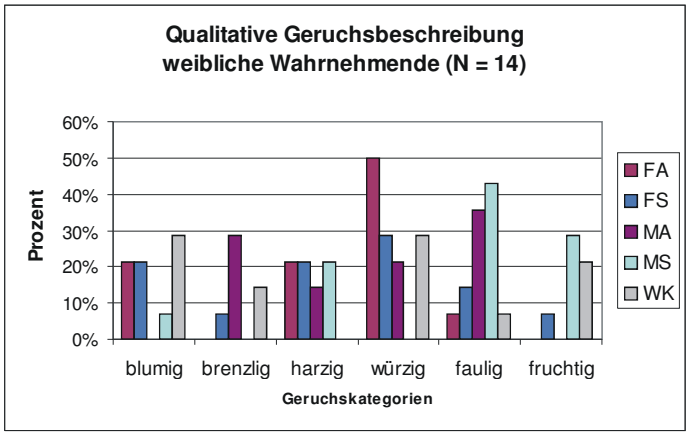
Geschlecht		Kategorien					
Wahrnehmende	Spender	blumig	brenzlig	harzig	würzig	faulig	fruchtig
Frauen	Frauen	21,43	3,57	21,43	39,28	10,71	3,57
	Männer	3,57	14,28	17,86	10,71	39,28	14,28
	Differenz (F-M)	17,86	-10,71	3,57	28,57	-28,57	-10,71
Männer	Frauen	17,86	10,71	21,43	28,57	10,71	10,71
	Männer	14,28	7,14	17,86	28,57	14,29	17,85
	Differenz (F-M)	3,575	3,575	3,57	0	-3,575	-7,14



(A)



(B)



(C)

Abbildung 6-3 Ergebnis deskriptive Auswertung der qualitativen Geruchsbeschreibung
(A) männliche und weibliche Wahrnehmende (N = 28)
(B) männliche Wahrnehmende (N = 14)
(C) weibliche Wahrnehmende (N = 14)
FA: Frauen Angst
FS: Frauen Sport
MA: Männer Angst
MS: Männer Sport
WK: Watte

6.1.4 Quantitative Geruchsbeschreibung

Das Ergebnis der deskriptiven Auswertung der Daten zur Geruchsquantifizierung ist der Tabelle 10-4 im Anhang „Ergebnisse Hauptversuch“ zu entnehmen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertungen vorgestellt.

6.1.4.1 Intensität

Design ohne Watte

Wie aus der Tabelle 6-9 ersichtlich wird, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Intensität“, dass Frauen im Vergleich zu Männern die menschlichen Chemoreize als intensiver einschätzten [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): F(1, 26) = 12; p = 0,002]. Eine tendenzielle Interaktion zwischen den Faktoren Reiz, Spendergeschlecht und Wahrnehmendengeschlecht [F(1, 26) = 3,69; p = 0,066] wurde über bedingte Wechselwirkungen aufgelöst: Bei der Berechung dieser Wechselwirkungen (siehe Tabelle 6-10) zeigte sich eine tendenziell signifikante Interaktion unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht: weiblich“ zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Spendergeschlecht“ [F(1, 13) = 4,58; p = 0,052].

Tabelle 6-9: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Intensität“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,22	1	0,22	0,08	0,782
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	1,08	1	1,08	0,38	0,543
Fehler	Reiz	73,95	26	2,84		
Haupteffekt	Spender	3,94	1	3,94	1,52	0,228
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	2,01	1	2,01	0,78	0,386
Fehler	Spender	67,3	26	2,59		
Interaktion	Reiz x Spender	3,94	1	3,94	2,24	0,147
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	6,51	1	6,51	3,69	**0,066**
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	45,8	26	1,76		
Haupteffekt	Wahrnehmende	77,22	1	77,22	12	**0,002**
Fehler	Wahrnehmende	167,3	26	6,43		

Nach Auflösung dieser Interaktionen über t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-11) zeigte sich, dass Frauen „Männer Angst“ als intensiver bewerteten verglichen mit „Frauen Angst“ [t(13) = -3,22; p = 0,007]. Zudem zeigte sich, dass weibliche Vpn „Frauen Sport“ tendenziell als intensiver bewerteten als „Frauen Angst“ [t(13)= -2,10; p = 0,055].

Tabelle 6-10: Ergebnis Bedingte Wechselwirkungen unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Intensität“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
weiblich	Haupteffekt	Reiz	5,79	1	5,79	2,92	0,111
	Fehler	Reiz	25,71	13	1,98		
	Haupteffekt	Spender	1,14	1	1,14	0,36	0,559
	Fehler	Spender	41,36	13	3,18		
	Interaktion	Reiz x Spender	10,29	1	10,29	4,58	**0,052**
	Fehler	Reiz x Spender	29,21	13	2,25		
männlich	Haupteffekt	Reiz	0,16	1	0,16	0,05	0,826
	Fehler	Reiz	41,59	13	3,20		
	Haupteffekt	Spender	0,16	1	0,16	0,06	0,804
	Fehler	Spender	32,59	13	2,51		
	Interaktion	Reiz x Spender	0,16	1	0,16	0,13	0,728
	Fehler	Reiz x Spender	16,59	13	1,28		

Tabelle 6-11: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Reiz x Spender“ für weibliche Wahrnehmende, Skala „Intensität“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	Df	p
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Frauen Sport“	-1,14	-2,10	13	**0,055**
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Männer Sport“	0,57	0,82	13	0,425
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Männer Angst“	-1,50	-3,22	13	**0,007**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Männer Sport“	0,21	0,34	13	0,736

Design mit Watte

Wie aus Tabelle 6-12 hervorgeht, wurde bei der Berechnungen im „Design mit „Watte“ ein Haupteffekt unter dem Faktor Wahrnehmendengeschlecht signifikant. Da dieser jedoch bereits im „Design ohne Watte“ kommentiert wurde, wird an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen.

Tabelle 6-12: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Intensität“

	Quelle	QS	df	MS	F	P
Haupteffekt	Reiz	12,04	4	3,01	1,19	0,318
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	16,24	4	4,06	1,61	0,177
Fehler	Reiz	262,11	104	2,52		
Haupteffekte	Wahrnehmende	72,86	1	72,86	8,47	**0,007**
Fehler	Fehler Wahrnehmende	223,67	26	8,60		

6.1.4.2 Angenehmheit

Design ohne Watte

Aus der Tabelle 6-13 geht hervor, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Angenehmheit“ im „Design ohne Watte“ eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Spendergeschlecht“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 5,78; p = 0,024] aufzeigte.

Tabelle 6-13: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Angenehmheit“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,89	1	0,89	0,25	0,623
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,04	1	0,04	0,01	0,921
Fehler	Reiz	93,57	26	3,6		
Haupteffekt	Spender	2,89	1	2,89	1,06	0,312
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	15,75	1	15,75	5,78	**0,024**
Fehler	Spender	70,86	26	2,73		
Interaktion	Reiz x Spender	0,57	1	0,57	0,39	0,535
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	2,29	1	2,29	1,58	0,22
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	37,64	26	1,45		
Haupteffekt	Wahrnehmende	5,14	1	5,14	0,85	0,366
Fehler	Wahrnehmende	157,79	26	6,07		

Die Auflösung dieser Interaktion mit Hilfe von t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-14) ergab, dass Frauen den weibliche Schweiß als angenehmer bewerteten als Männer [t(26) = 2,28; p = 0,031]. Zudem zeigte sich, dass Frauen den weiblichen Schweiß als angenehmer bewerteten als männlichen Schweiß [t(13) = 2,35; p = 0,035].

Tabelle 6-14: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Spender x Wahrnehmende“, Skala „Angenehmheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
unabhängig	F_S: „F_W vs. M_W“	1,18	2,28	26	**0,031**
unabhängig	M_S: „F_W vs. M_W“	-0,32	-0,53	26	0,597
abhängig	F_W: „F_S vs. M_S“	1,07	2,35	13	**0,035**
abhängig	M_W: „F_S vs. M_S“	-0,43	-1,01	13	0,332

Design mit Watte

Wie aus der Tabelle 6-15 hervorgeht, zeigte sich im Falle des Designs unter Einbezug der Bedingung „Watte“ kein statistisch bedeutsamer Effekt.

Tabelle 6-15: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Angenehmheit“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	22,21	3,66	6,06	1,94	0,116
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	19,47	3,66	5,31	1,70	0,161
Fehler	Reiz	297,51	104	2,86		
Haupteffekte	Wahrnehmende	3,78	1	3,78	0,44	0,511
Fehler	Fehler Wahrnehmende	221,27	26	8,51		

6.1.4.3 Unangenehmheit

Design ohne Watte

Wie aus Tabelle 6-16 zu ersehen ist, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Unangenehmheit“ für das „Design one Watte“ auf, dass der Schweiß von Männern im Vergleich zum Schweiß von Frauen als unangenehmer bewertet wurde [Haupteffekt (Spendergeschlecht): $F(1, 26) = 13,49$; $p = 0,001$]. Weiter zeigte sich, dass Frauen im Vergleich zu Männern die Körpergerüche als unangenehmer bewerteten [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): $F(1, 26) = 8,40$; $p = 0,008$]. Darüber hinaus zeigte sich eine Interaktion zwischen den Faktoren „Spendergeschlecht“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [$F(1, 26) = 6,10$; $p = 0,020$].

Tabelle 6-16: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Unangenehmheit“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,22	1	0,22	0,07	0,794
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,72	1	0,72	0,23	0,639
Fehler	Reiz	83,3	26	3,2		
Haupteffekt	Spender	33,22	1	33,22	13,49	**0,001**
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	15,01	1	15,01	6,1	**0,020**
Fehler	Spender	64,02	26	2,46		
Interaktion	Reiz x Spender	5,58	1	5,58	2,96	**0,097**
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,72	1	0,72	0,38	0,541
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	48,95	26	1,88		
Haupteffekt	Wahrnehmende	77,22	1	77,22	8,4	**0,008**
Fehler	Wahrnehmende	238,95	26	9,19		

Eine Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben ergab (siehe Tabelle 6-17), dass Frauen im Vergleich zu Männern den Geruch von Männern als unangenehmer bewerteten [t(26) = 2,28; p = 0,001]. Weiter zeigte sich, dass Frauen den Geruch von Männern unangenehmer bewerteten als den Geruch von Frauen [t(13) = 2,35; p < 0,001].

Tabelle 6-17: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Spender x Wahrnehmende“, Skala „Unangenehmheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
unabhängig	F_S: „F_W vs. M_W“	0,93	1,44	26	0,161
unabhängig	M_S: „F_W vs. M_W“	2,39	3,70	26	**0,001**
abhängig	F_W: „F_S vs. M_S“	-1,82	-4,79	13	**<0,001**
abhängig	M_W: „F_S vs. M_S“	-0,36	-0,78	13	0,447

Wie weiter aus der Tabelle 6-16 hervorgeht, zeigte sich eine tendenziell signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Spendergeschlecht“ [F(1, 26) = 2,96; p = 0,097].

Einzelvergleiche mittels t-Tests für abhängige Stichproben zur Auflösung dieser Interaktion (siehe Tabelle 6-18) ergaben, dass der weibliche Angstschweiß im Vergleich zum männlichen Angstschweiß als unangenehmer bewertet wurde [t(27) = -3,97; p < 0,001].

Tabelle 6-18: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Reiz x Spender“, Skala „Unangenehmheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	F_S: „Angst“ vs. „Sport“	-0,36	-0,82	27	0,418
abhängig	M_S : „Angst“ vs. „Sport“	0,54	1,32	27	0,199
abhängig	Angst: „ F_S “ vs. „ M_S “	-1,54	-3,97	27	**<0,001**
abhängig	Sport: „ F_S“ vs. „ M_S“	-0,64	-1,47	27	0,153

Design mit Watte

Aus Tabelle 6-19 geht hervor, dass sich bei der varianzanalytischen Auswertung im „Design mit Watte“ ein Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(4, 104) = 7,96; p < 0,001] zeigte.

Tabelle 6-19: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Unangenehmheit“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	78,67	4	19,67	7,96	**<0,001**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	23,10	4	5,78	2,34	**0,060**
Fehler	Reiz	257,03	104	2,47		
Haupteffekte	Wahrnehmende	72,86	1	72,86	7,72	0,010
Fehler	Fehler Wahrnehmende	245,33	26	9,44		

Wie der Tabelle 6-20 zu entnehmen ist, ergaben t-Tests für abhängige Stichproben, dass „Männer Angst“, „Männer Sport“ und „Frauen Sport“ im Vergleich zu „Watte“ als unangenehmer eingeschätzt wurden [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): $t(27) = 4{,}92$; $p < 0{,}001$;Vergleich (Männer Sport vs. Watte): $t(27) = 3{,}96$; $p < 0{,}001$; Vergleich (Frauen Sport vs. Watte): $t(27) = 2{,}41$, $P = 0{,}044$;].

Tabelle 6-20: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffektes“ Reiz“, Skala „Unangenehmheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	2,14	4,92	27	**< 0,001**
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	1,61	3,96	27	**< 0,001**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	0,61	1,50	27	0,146
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	0,96	2,12	27	**0,044**

Weiter zeigte die varianzanalytische Auswertung im „Design mit Watte“ eine tendenziell signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [$F(4, 104) = 2{,}34$; $p = 0{,}060$] auf. Wie aus Tabelle 6-21 hervorgeht, ergab die Auflösung dieser Interaktion über bedingte Wechselwirkungen einen Haupteffekt unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht: weiblich“ [$F(4, 52) = 8{,}90$; $p < 0{,}001$].

Tabelle 6-21: Ergebnis Bedingte Wechselwirkungen unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Unangenehmheit“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
weiblich	Haupteffekt	Reiz	91,86	4	22,96	8,90	**< 0,001**
	Fehler	Reiz	134,14	52	2,58		
männlich	Haupteffekt	Reiz	9,91	3,82	2,60	1,05	0,390
	Fehler	Reiz	122,89	52	2,36		

Die Auflösung dieses Haupteffekts mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-22) ergab, dass sowohl „Männer Angst“ als auch „Männer Sport“ gegenüber „Watte“ als unangenehmer beschrieben wurde [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): $t(13) = 5{,}88$; $p < 0{,}001$; Vergleich (Männer Sport vs. Watte): $t(13) = 3{,}72$; $p = 0{,}003$]. Auf den Haupteffekt unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“ (siehe Tabelle 6-19) wird nicht weiter eingegangen, da dieser bereits oben unter „Design ohne Watte“ kommentiert wurde.

Tabelle 6-22: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffektes „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Unangenehmheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	3,21	5,88	13	**< 0,001**
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	2,36	3,72	13	**0,003**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	0,79	1,21	13	0,247
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	1,14	1,69	13	0,116

6.1.4.4 Bekanntheit

Design ohne Watte

Wie aus Tabelle 6-23 hervorgeht, ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Bekanntheit“, dass Frauen im Vergleich zu Männern die Körpergerüche als bekannter einschätzten [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): $F(1, 26) = 14,77$; $p = 0,001$].

Tabelle 6-23: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Bekanntheit“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,89	1	0,89	0,42	0,522
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,89	1	0,89	0,42	0,522
Fehler	Reiz	55,21	26	2,12		
Haupteffekt	Spender	0,04	1	0,04	0,01	0,931
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	4,32	1	4,32	0,92	0,347
Fehler	Spender	122,64	26	4,72		
Interaktion	Reiz x Spender	11,57	1	11,57	3,86	**0,060**
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	11,57	1	11,57	3,86	**0,060**
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	77,86	26	2,99		
Haupteffekt	Wahrnehmende	89,29	1	89,29	14,77	**0,001**
Fehler	Wahrnehmende	157,14	26	6,04		

Weiter zeigte die Varianzanalyse eine tendenziell signifikante Interaktionen zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Spendergeschlecht“ [$F(1, 26) = 3,86$, $p = 0,060$] auf. Eine Auflösung der Interaktion mit Hilfe von t-Tests für abhängige Stichproben ergab keine signifikanten Mittelwertsunterschiede (siehe Tabelle 6-24).

Tabelle 6-24: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Reiz x Spender“, Skala „Bekanntheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	F_S: „Angst“ vs. „Sport“	-0,82	-1,89	27	0,069
abhängig	M_S : „Angst“ vs. „Sport“	0,46	1,05	27	0,305
abhängig	Angst: „ F_S “ vs. „ M_S “	-0,61	-1,13	27	0,269
abhängig	Sport: „ F_S“ vs. „ M_S“	0,68	1,28	27	0,213

Tabelle 6-25: Ergebnis Bedingte Wechselwirkungen unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Bekanntheit“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
weiblich	Haupteffekt	Reiz	2,57	1	2,57	0,51	0,489
	Fehler	Reiz	65,93	13	5,07		
	Haupteffekt	Spender	1,79	1	1,79	0,78	0,393
	Fehler	Spender	29,71	13	2,29		
	Interaktion	Reiz x Spender	23,14	1	23,14	5,75	**0,032**
	Fehler	Reiz x Spender	52,36	13	4,03		
männlich	Haupteffekt	Reiz	1,79	1	1,79	0,41	0,533
	Fehler	Reiz	56,71	13	4,36		
	Haupteffekt	Spender	0,00	1	0,00	0,00	1,000
	Fehler	Spender	25,50	13	1,96		
	Interaktion	Reiz x Spender	0,00	1	0,00	0,00	1,000
	Fehler	Reiz x Spender	25,50	13	1,96		

Eine weitere tendenziell signifikante Interaktion zeigte sich zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 3,86, p = 0,060; siehe Tabelle 6-23].

Wie aus Tabelle 6-25 hervorgeht, ergab die Auflösung dieser Interaktion über bedingte Wechselwirkungen für den Faktor „Wahrnehmendengeschlecht: weiblich“ eine weitere Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Spendergeschlecht“ [F(1, 13) = 5,75; p = 0,032].

Tabelle 6-26: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffekts „Wahrnehmendengeschlecht“ für weibliche Vpn, Skala „Bekanntheit“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Frauen Sport“	-1,64	-2,30	13	**0,039**
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Männer Sport“	0,93	1,49	13	0,161
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Männer Angst“	-0,86	-1,16	13	0,268
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Männer Sport“	1,71	1,98	13	**0,070**

Nach Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-26) zeigte sich, dass die weiblichen Wahrnehmenden „Frauen Sport“ im Vergleich zu „Frauen Angst“ als bekannter einschätzten [t(13) = -2,30; p = 0,039]. Weiter zeigte sich, dass die weiblichen Wahrnehmenden „Frauen Sport“ im Vergleich zu „Männer Sport“ tendenziell als bekannter einschätzten [t(13)= -1,98; p = 0,070].

Design mit Watte

Die varianzanalytische Auswertung der Angaben auf der Skala „Bekanntheit“ unter Einbezug von „Watte“ ergab einen Haupteffekt unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“ (siehe Tabelle 6-27), auf welchen hier aber nicht weiter eingegangen wird, da dieser bereits oben unter „Design ohne Watte“ kommentiert wurde.

Tabelle 6-27: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Bekanntheit“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	12,61	4	3,15	0,92	0,457
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	25,04	4	6,26	1,82	0,130
Fehler	Reiz	357,54	104	3,44		
Haupteffekte	Wahrnehmende	83,31	1	83,31	13,09	**0,001**
Fehler	Fehler Wahrnehmende	165,46	26	6,36		

6.1.4.5 Zusammenfassung der Auswertung Quantitative Geruchsbeschreibung

Die Tabelle 6-28 und Tabelle 6-29 bieten eine Übersicht über die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertung der Designs mit und ohne Watte. In den Zeilen sind die einzelnen Skalen aufgeführt, die Spalten beschreiben die Effekte der zugehörigen varianzanalytischen Auswertung. In der obersten Zeile jeder Zelle ist das Ergebnis des varianzanalytischen Effektes, in derselben Zelle in den Zeilen darunter das Ergebnis der Auflösung des Effektes aufgeführt. In der Abbildung 6-4 sind die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Ein differenzieller Effekt zwischen dem Angst- und dem Sportschweiß zeigte sich für weibliche Vpn auf den Skalen „Intensität“ und „Bekanntheit“ bei der Wahrnehmung weiblichen Spendematerials: Hier schätzten Frauen den weiblichen Sportschweiß gegenüber dem Angstschweiß weiblicher Spender als bekannter und tendenziell intensiver ein. Alle weiteren Effekte auf den Skalen zur Quantitativen Geruchsbeschreibung sind auf das Wahrnehmenden- sowie Spendergeschlecht zurückzuführen: Weibliche Vpn beschrieben im Vergleich zu männlichen Vpn die chemosensorischen Reize als intensiver, unangenehmer und bekannter.

Tabelle 6-28: Ergebnisübersicht VA quantitative Geruchsbeschreibung „Design ohne Watte“

	Haupteffekte			Interaktionen 1. Ordnung			Interaktion 2. Ordnung
Skala	Reiz	Spender	Wahrnehmende	Reiz x Wahrnehmende	Reiz x Spender	Spender x Wahrnehmende	Reiz x Spender x Wahrnehmende
Intensität	-	-	** $F_W > M_W$	-	-	-	p = 0,066 F_W: $M_{S:A} > F_{S:A}$ ** F_W: $F_{S:S} > F_{S:A}$ (p = 0,055)
Angenehmheit	-	-	-	-	-	* F_S: $F_W > M_W$* F_W: $F_S > M_S$*	-
Unangenehmheit	-	** $M_S > F_S$	** $F_W > M_W$	-	p = 0,097 A: $M_S > F_S$ ***	* M_S: $F_W > M_W$ ** F_W: $M_S > F_S$ ***	-
Bekanntheit	-	-	** $F_W > M_W$	-	p = 0,060	-	p = 0,060 F_W: $F_{S:S} > F_{S:A}$ *
Legende							

M_S: Männerspender

F_S: Frauenspender

A: Angst

S: Sport

M_W: Männer als Wahrnehmende

F_W: Frauen als Wahrnehmende

M_W: $F_{S:A} > F_{S:S}$: Im Falle männlicher Wahrnehmender bei der Wahrnehmung von weiblichen chemosensorischen Reizmaterials waren die Angaben zum Angstschweiß im Vergleich zum Sportschweiß höher.

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$

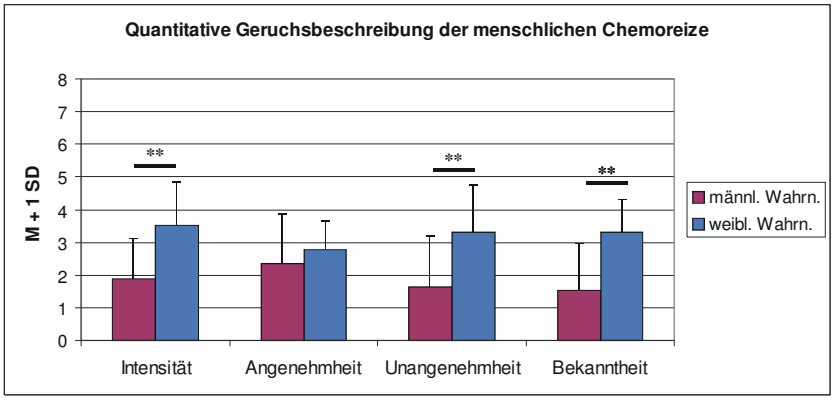
Darüber hinaus wurde der männliche gegenüber dem weiblichen Schweiß über alle Vpn hinweg als unangenehmer beschrieben. Eine Aufteilung dieser Effekte hinsichtlich des Wahrnehmendengeschlechts zeigte weiter, dass Frauen den männlichen Schweiß gegenüber dem weiblichen Schweiß als unangenehmer sowie als weniger angenehm beschrieben. Der männliche Angstschweiß wurde gegenüber dem weiblichen Angstschweiß als unangenehmer und von Frauen auch als intensiver bewertet.

Die Auswertung der quantitativen Geruchsbeschreibung im „Design mit Watte“ ergab, dass der weibliche Angstschweiß im Vergleich zur Watte als unangenehmer bewertet wurde. Ferner zeigte sich, dass weibliche Vpn im Vergleich zur Kontrastbedingung die männlichen chemosensorischen Reize als unangenehmer einschätzten. Die Effekte bezüglich des Wahrnehmendengeschlechts wurden bereits in der Auswertung im „Design ohne Watte“ besprochen.

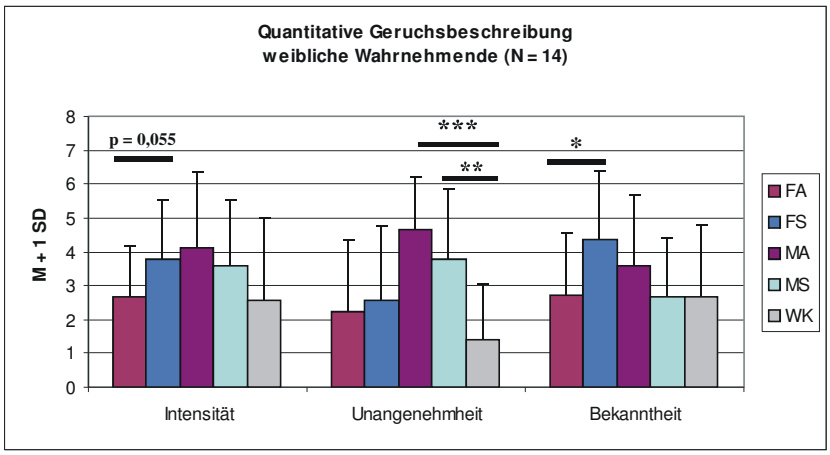
Tabelle 6-29: Ergebnisübersicht VA quantitative Geruchsbeschreibung „Design mit Watte“

	Haupteffekt		Interaktion
Skala	Reiz	Wahrnehmende	Reiz x Wahrnehmende
Intensität	-	*** $F_W > M_W$	-
Angenehmheit	-	-	-
Unangenehmheit	*** $M_{S: A} > W$*** $M_{S: S} > W$*** $F_{S: S} > W$*	** $F_W > M_W$	p = 0,06 F_W: $M_{S: A} > W$*** F_W: $M_{S: S} > W$**
Bekannt	-	** $F_W > M_W$	-

Legende siehe Tabelle 6-28



(A)



(B)

Abbildung 6-4: Ergebnis deskriptive und inferenzstatistische Auswertung der quantitativen Geruchsbeschreibung
(A) Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Wahrnehmenden über alle Körpergerüche
(B) Angaben weiblicher Wahrnehmender

Legende siehe Abbildung 6-3

6.1.5 Emotionale Geruchsbeschreibung

6.1.5.1 SAM

Die deskriptive Ergebnisdarstellung der Auswertung der SAM-Skalen ist dem Anhang (Ergebnisse Hauptversuch: Tabelle 10-5) zu entnehmen. Es folgt die Darstellung der inferenzstatistischen Auswertung.

6.1.5.1.1 Valenz

Design ohne Watte

Wie aus Tabelle 6-30 zu ersehen ist, ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Valenz“ im „Design ohne Watte“, dass sich Männer bei der Wahrnehmung der der

menschlichen chemosensorischen Reize glücklicher fühlen als Frauen [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): F(1, 26) = 5,50; p = 0,027]. Weiter zeigte die Varianzanalyse eine signifikante Interaktion zwischen dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 5,17; p = 0,031].

Tabelle 6-30: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Valenz“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	1,08	1	1,08	0,56	0,461
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,44	1	0,44	0,23	0,638
Fehler	Reiz	50,23	26	1,93		
Haupteffekt	Spender	0,01	1	0,01	0,01	0,942
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	8,58	1	8,58	5,17	**0,031**
Fehler	Spender	43,16	26	1,66		
Interaktion	Reiz x Spender	3,22	1	3,22	2,43	0,131
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,01	1	0,01	0,01	0,935
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	34,52	26	1,33		
Haupteffekt	Wahrnehmende	18,08	1	18,08	5,5	**0,027**
Fehler	Wahrnehmende	85,45	26	3,29		

Eine Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-31) ergab, dass sich Frauen im Vergleich zu Männern glücklicher fühlen, wenn sie den Geruch von Männern wahrnahmen [t(26) = -2,81; p = 0,009].

Tabelle 6-31: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Reiz x Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Valenz“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
unabhängig	F_S: „ F_W vs. M_W“	-0,25	-0,72	26	0,476
unabhängig	M_S: „F_W vs. „M_W“	-1,36	-2,81	26	**0,009**
abhängig	F_W: „F_S“ vs. „M_S“	0,54	1,69	13	0,114
abhängig	M_W: „F_S“ vs. “M_S“	-0,57	-1,54	13	0,147

Design mit Watte

Wie aus Tabelle 6-32 hervorgeht, zeigte die varianzanalytische Auswertung im „Design mit Watte“ auf der Skala „Valenz“ einen tendenziell signifikanten Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(4, 104) = 2,17; p = 0,077].

Tabelle 6-32: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Valenz“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	17,21	4	4,30	2,17	**0,077**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	9,04	4	2,26	1,14	0,342
Fehler	Reiz	206,14	104	1,98		
Haupteffekte	Wahrnehmende	23,21	1	23,21	8,65	**0,007**
Fehler	Fehler Wahrnehmende	69,79	26	2,68		

Nach Auflösung dieses Haupteffektes mit Hilfe von t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-33) zeigte sich, dass sich die Wahrnehmenden beim Riechen von „Watte“ im Ver-

gleich zu „Frauen Angst“ weniger glücklich fühlten [t(27) = -2,38; p = 0,025] bzw. im Vergleich zu „Männer Sport“ tendenziell weniger glücklich fühlten [t(27) = -1,89; p = 0,069].

Tabelle 6-33: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffekts „Chemosensorischer Reiz“, Skala „Valenz“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	-0,68	-1,54	27	0,134
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	-0,82	-1,89	27	**0,069**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	-1,04	-2,38	27	**0,025**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	-0,50	-1,40	27	0,174

6.1.5.1.2 Arousal

Design ohne Watte

Die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Dominanz“ ergab im „Design ohne Watte“ weder einen signifikanten Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-34).

Tabelle 6-34: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Arousal“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,14	1	0,14	0,08	0,781
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,57	1	0,57	0,31	0,58
Fehler	Reiz	47,29	26	1,82		
Haupteffekt	Spender	0,89	1	0,89	0,42	0,525
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	4,32	1	4,32	2,01	0,168
Fehler	Spender	55,79	26	2,15		
Interaktion	Reiz x Spender	2,89	1	2,89	2,04	0,165
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,32	1	0,32	0,23	0,638
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	36,79	26	1,41		
Haupteffekt	Wahrnehmende	3,57	1	3,57	1,56	0,222
Fehler	Wahrnehmende	59,43	26	2,29		

Design mit Watte

Im Falle des Designs unter Einbezug der Bedingung „Watte“ zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Arousal“ weder einen signifikanten Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-35).

Tabelle 6-35: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Arousal“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	4,64	4	1,16	0,66	0,619
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	6,24	4	1,56	0,89	0,471
Fehler	Reiz	181,91	104	1,75		
Haupteffekte	Wahrnehmende	2,58	1	2,58	1,13	0,298
Fehler	Fehler Wahrnehmende	59,44	26	2,29		

6.1.5.1.3 Dominanz

Design ohne Watte

Wie der Tabelle 6-36 zu entnehmen ist, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Dominanz“ auf, dass sich Männer im Vergleich zu Frauen bei der Wahrnehmung der Reize tendenziell dominanter fühlten [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): $F(1, 26) = 3{,}11$; $p = 0{,}090$].

Tabelle 6-36: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Dominanz“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	2,58	1	2,58	1,94	0,176
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,01	1	0,01	0,01	0,935
Fehler	Reiz	34,66	26	1,33		
Haupteffekt	Spender	1,51	1	1,51	1,51	0,23
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	0,72	1	0,72	0,72	0,403
Fehler	Spender	26,02	26	1		
Interaktion	Reiz x Spender	1,08	1	1,08	1,29	0,266
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,44	1	0,44	0,52	0,476
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	21,73	26	0,84		
Haupteffekt	Wahrnehmende	5,58	1	5,58	3,11	**0,090**
Fehler	Wahrnehmende	46,66	26	1,79		

Design mit Watte

Im Falle des Designs unter Einbezug der Bedingung „Watte“ zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Dominanz“ weder einen signifikanten Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-37).

Tabelle 6-37: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Dominanz“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	5,69	3,62	1,57	1,12	0,348
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	1,69	3,62	0,47	0,33	0,837
Fehler	Reiz	131,43	104	1,26		
Haupteffekte	Wahrnehmende	5,21	1	5,21	2,88	0,101
Fehler	Fehler Wahrnehmende	46,93	26	1,80		

6.1.5.1.4 Zusammenfassung der Auswertung Emotionale Geruchsbeschreibung: SAM

Die Tabelle 6-38 und Tabelle 6-39 gibt eine Übersicht über die Auswertung des Ratings entlang des SAM. Es lässt sich hier feststellen, dass auf keiner Skala ein differenzieller Effekt zwischen dem Angst- und dem Sportschweiß aufgedeckt werden konnte. Geschlechtsspezifische Effekte zeigten sich auf der Skala „Valenz“ und „Dominanz“: Männer gaben an, sich bei der Wahrnehmung der menschlichen Chemoreize glücklicher und tendenziell dominanter zu fühlen als Frauen.

Tabelle 6-38: Ergebnisübersicht VA emotionale Geruchsbeschreibung SAM „Design ohne Watte“

Skala	Haupteffekte			Interaktionen 1. Ordnung			Interaktion 2. Ordnung
Skala	Reiz	Spender	Wahrnehmende	Reiz x Wahrnehmende	Reiz x Spender	Spender x Wahrnehmende	Reiz x Spender x Wahrnehmende
Valenz	-	-	* $M_W > F_W$	-	-	* M_S: $M_W > F_W$**	-
Arousal	-	-	-	-	-	-	-
Dominanz	-	-	p = 0,090 $M_W > F_W$	-	-	-	-

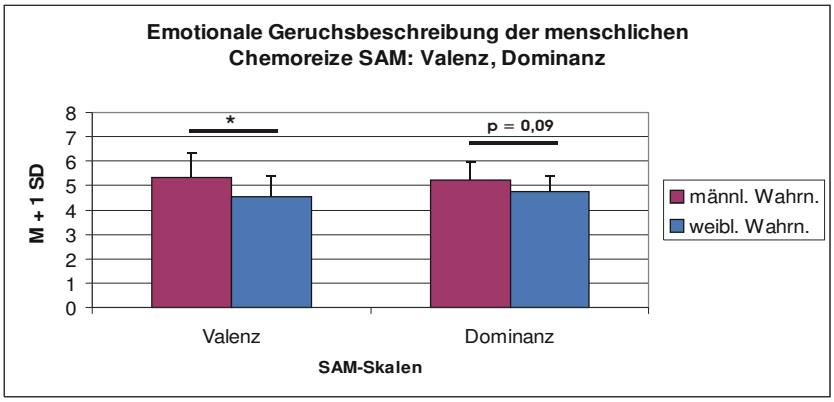
Legende siehe Tabelle 6-28

Bei der Auswertung der Daten unter Einbezug der Kontrastbedingung zeigte sich, dass bei der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes sowie tendenziell auch bei der Wahrnehmung des männlichen Sportschweißes mehr Glück im Vergleich zur Wahrnehmung von Watte empfunden wurde. Der Effekt unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“ wurde bereits in der Auswertung der Designs mit Watte kommentiert. In der Abbildung 6-5 sind die wichtigsten Ergebnisse graphisch dargestellt.

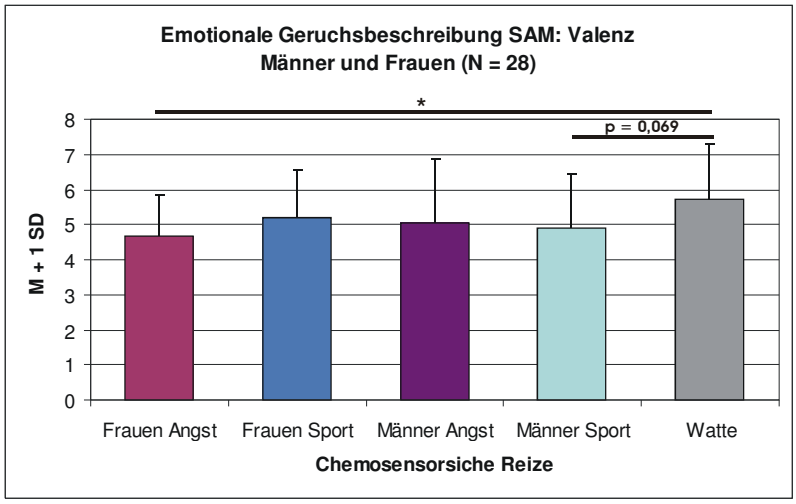
Tabelle 6-39: Ergebnisübersicht VA emotionale Geruchsbeschreibung SAM „Design mit Watte“

	Haupteffekt		Interaktion
Skala	Reiz	Wahrnehmende	Reiz x Wahrnehmende
Valenz	p = 0,077 $M_{S: S} > W$ p = 0,069 $F_{S: A} > W$*	** $M_W > F_W$	-
Arousal	-	-	-
Dominanz	-	-	-

Legende siehe Tabelle 6-28



(A)



(B)

Abbildung 6-5: Ergebnis deskriptive und inferenzstatistische Auswertung der quantitativen Geruchsbeschreibung
(A) Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Wahrnehmenden über alle Körpergerüche
(B) Angaben weiblicher Wahrnehmender

6.1.5.2 Basisemotionen

Die deskriptive Ergebnisdarstellung für die Skalen des Fragebogens „Basisemotionen“ ist der Tabelle 10-6 im Anhang („Hauptversuch Ergebnisse“) zu entnehmen. Im Folgenden werden die inferenzstatistischen Auswertungen dargestellt.

6.1.5.2.1 Angst

Design ohne Watte

Der Tabelle 6-40 ist zu entnehmen, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Angst“ im „Design ohne Watte“ weder einen signifikanten Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion ergab.

Tabelle 6-40: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Angst“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	5,63	1	5,63	1,96	0,173
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	5,36	1	5,36	1,87	0,183
Fehler	Reiz	74,49	26	2,86		
Haupteffekt	Spender	0,56	1	0,56	0,52	0,478
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	2,61	1	2,61	2,43	0,131
Fehler	Spender	27,94	26	1,07		
Interaktion	Reiz x Spender	0,68	1	0,68	1,02	0,322
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0	1	0	0,01	0,936
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	17,23	26	0,66		
Haupteffekt	Wahrnehmende	8,09	1	8,09	1,1	0,303
Fehler	Wahrnehmende	190,83	26	7,34		

Design mit Watte

Wie aus der Tabelle 6-41 hervorgeht, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Angst“ im „Design mit Watte“ einen tendenziell signifikanten Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(2,47, 104) = 2,62; p = 0,069].

Tabelle 6-41: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Angst“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	14,52	2,47	5,88	2,62	**0,069**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	8,19	2,47	3,32	1,48	0,234
Fehler	Reiz	144,30	104	1,39		
Haupteffekte	Wahrnehmende	8,70	1	8,70	1,30	0,264
Fehler	Fehler Wahrnehmende	173,68	26	6,68		

Eine Auflösung des Haupteffektes mit Hilfe von t-Tests für abhängige Stichproben ergab (siehe Tabelle 6-42), dass die Wahrnehmung von „Männer Sport“ und „Frauen Angst“ im Vergleich zu „Watte“ mehr Angst auslöste [t(27) = 2,35; p = 0,026; t(27) = 2,63; p = 0,014) und „Männer Angst“, „Männer Sport“ und „Frauen Sport“ im Vergleich zu „Watte“ tendenziell mehr Angst auslöste [t(27) = 1,79; p = 0,084; t(27) = 1,77; p = 0,089].

Tabelle 6-42: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffekts „Chemosensorischer Reiz“, Skala „Angst“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	0,66	1,79	27	**0,084**
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	0,37	2,35	27	**0,026**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	0,96	2,63	27	**0,014**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	0,35	1,77	27	**0,089**

6.1.5.2.2 Freude

Design ohne Watte

Aus Tabelle 6-43 geht hervor, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Freude“ eine Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Spendergeschlecht“ [F(1, 26) = 11,47; p = 0,002] aufzeigte.

Tabelle 6-43: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Freude“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	6,65	1	6,65	1,35	0,256
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,31	1	0,31	0,06	0,804
Fehler	Reiz	128,08	26	4,93		
Haupteffekt	Spender	0,4	1	0,4	0,17	0,684
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	4,13	1	4,13	1,75	0,197
Fehler	Spender	61,34	26	2,36		
Interaktion	Reiz x Spender	12,96	1	12,96	11,47	**0,002**
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0	1	0	0	0,951
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	29,38	26	1,13		
Haupteffekt	Wahrnehmende	16,43	1	16,43	0,95	0,340
Fehler	Wahrnehmende	451,25	26	17,36		

Eine Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-44) zeigten, dass die Wahrnehmung von „Frauen Sport“ im Vergleich zu „Frauen Angst“ mehr Freude auslöste [t(27) = -2,54; p = 0,017]. Weiter zeigte sich, dass die Wahrnehmung von „Männer Sport“ mehr Freude auslöste als „Frauen Sport“ [t(27) = 2,43; p = 0,022].

Tabelle 6-44: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Reiz x Spender“, Skala „Freude“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	F_S: „Angst“ vs. „Sport“	-1,17	-2,54	27	**0,017**
abhängig	M_S : „Angst“ vs. „Sport“	0,19	0,43	27	0,674
abhängig	Angst: „ F_S “ vs. „ M_S “	-0,56	-1,49	27	0,149
abhängig	Sport: „ F_S“ vs. „ M_S“	0,80	2,43	27	**0,022**

Design mit Watte

Wie aus Tabelle 6-45 hervorgeht, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Freude“ im Falle des Designs mit „Watte“ einen Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(3,4, 104) = 3,84; p = 0,009].

Tabelle 6-45: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Freude“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	54,07	3,4	15,92	3,84	**0,009**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	4,74	3,4	1,40	0,34	0,823
Fehler	Reiz	366,54	104	3,52		
Haupteffekte	Wahrnehmende	18,14	1	18,14	0,84	0,368
Fehler	Fehler Wahrnehmende	562,84	26	21,65		

Nach Auflösung dieses Haupteffektes mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-46) zeigte sich, dass die Wahrnehmung von „Watte“ gegenüber „Männer Angst“, Männer Sport“ und „Frauen Angst“ mehr Freude auslöste [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): t(27) = -2,19; p = 0,037; Vergleich (Männer Sport vs. Watte): t (27) = -2,37; p = 0,025; Vergleich (Frauen Angst vs. Watte): t(27) = -3,62; p = 0,001].

Tabelle 6-46: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffektes „Chemosensorischer Reiz“, Skala „Freude“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	-1,20	-2,19	27	**0,037**
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	-1,39	-2,37	27	**0,025**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	-1,76	-3,62	27	**0,001**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	-0,59	-0,94	27	0,357

6.1.5.2.3 Ekel

Design ohne Watte

Aus der Tabelle 6-47 ist zu entnehmen, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Ekel“ im „Design ohne Watte“ eine Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 13,79; p = 0,001] ergab.

Wie aus der Tabelle 6-48 zu entnehmen ist, ergab eine Auflösung dieser Interaktionen mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben, dass Frauen im Vergleich zu Männern den Männerschweiß als Ekel auslösender beschreiben [t(26) = 2,96; p = 0,007]. Weiter zeigte sich, dass sich Frauen im Vergleich zu Männern durch männlichen Geruch geekelter fühlen [t(13) = -3,64; p = 0,003]. Hingegen fühlten sich Männer im Vergleich zu Frauen tendenziell geekelter, wenn sie den Geruch von Frauen wahrnahmen [t(13) = 1,92; p = 0,077].

Tabelle 6-47: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Ekel“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	9,61	1	9,61	1,4	0,247
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0	1	0	0	0,983
Fehler	Reiz	177,99	26	6,85		
Haupteffekt	Spender	2,17	1	2,17	0,58	0,454
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	51,84	1	51,84	13,79	**0,001**
Fehler	Spender	97,72	26	3,76		
Interaktion	Reiz x Spender	7,1	1	7,1	1,95	0,174
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,21	1	0,21	0,06	0,814
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	94,68	26	3,64		
Haupteffekt	Wahrnehmende	42,76	1	42,76	3,25	**0,083**
Fehler	Wahrnehmende	341,81	26	13,15		

Die varianzanalytische Auswertung ergab weiter (siehe Tabelle 6-47), dass sich Frauen im Vergleich zu Männern durch die Körpergerüche tendenziell mehr geekelt fühlen [Haupteffekt (Wahrnehmendengeschlecht): F(1, 26) = 3,25; p = 0,083].

Tabelle 6-48: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Spender x Wahrnehmenden“, Skala „Ekel“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
unabhängig	F_S: „F_W“ vs. „M_W“	-0,13	-0,16	26	0,871
unabhängig	M_S: „F_W“ vs. „M_W“	1,96	2,96	26	**0,007**
abhängig	F_W: „F_S“ vs. „M_S“	-1,13	-3,64	13	**0,003**
abhängig	M_W: „F_S“ vs. “M_S“	0,96	1,92	13	**0,077**

.

Design mit Watte

Im Falle des Designs unter Einbezug der Bedingung „Watte“ ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Ekel“ (siehe Tabelle 6-49) einen Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(3,4, 104) = 3,84; p = 0,009].

Tabelle 6-49: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Ekel“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	65,86	4	16,46	3,79	**0,006**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	52,05	4	13,01	2,99	**0,022**
Fehler	Reiz	452,22	104	4,35		
Haupteffekte	Wahrnehmende	53,44	1	53,44	4,29	**0,048**
Fehler	Fehler Wahrnehmende	323,64	26	12,45		

Wie aus Tabelle 6-50 hervorgeht, zeigt die Auflösung des Haupteffekts mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben, dass die Wahrnehmung von „Männer Angst“, „Männer Sport“ und Frauen Angst“ im Vergleich zu „Watte“ mehr Ekel hervorrief [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): t(27) = 3,28; p = 0,003; Vergleich (Männer Sport vs. Watte): t(27) = 3,28; p = 0,003; Vergleich (Frauen Angst vs. Watte): t(27) = 2,91; p = 0,007].

Tabelle 6-50: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Spender x Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Ekel“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	1,63	3,28	27	**0,003**
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	1,55	3,28	27	**0,003**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	1,85	2,91	27	**0,007**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	0,76	1,61	27	0,120

Weiter zeigte sich in der varianzanalytischen Auswertung (siehe Tabelle 6-49) eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(4, 104) = 299; p = 0,022]. Eine Auflösung dieser Interaktion über bedingte

Wechselwirkungen (siehe Tabelle 6-51) ergab für beide Faktorstufen einen Haupteffekt [Faktorstufe „weiblich“: F(3,95, 52) = 3,29; p = 0,018; Faktorstufe „männlich“: F(2,64, 52) = 3,49; p = 0,029].

Tabelle 6-51: Ergebnis Bedingte Wechselwirkungen unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Ekel“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
weiblich	Haupteffekt	Reiz	68,54	3,95	17,34	3,29	**0,018**
	Fehler	Reiz	270,69	52	5,21		
männlich	Haupteffekt	Reiz	49,37	2,64	18,73	3,54	**0,029**
	Fehler	Reiz	181,53	52	3,49		

Die Auflösung der Haupteffekte mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben ergab (siehe Tabelle 6-52), dass Frauen sich bei der Wahrnehmung von „Männer Angst“ und „Männer Sport“ im Vergleich zur „Watte“ geekelter fühlen [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): t(13) = 2,69; p = 0,018; Vergleich (Männer Sport vs. Watte): t(13) = 2,62; p = 0,021]. Weiter zeigte sich bei Männern, dass die Wahrnehmung von „Männer Sport“, „Frauen Angst“ und „Frauen Sport“ gegenüber „Watte“ mehr Ekel auslöste [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): t(27) = 3,28; p = 0,003; Vergleich (Männer Sport vs. Watte): t(13) = 2,21; p = 0,045; Vergleich (Frauen Angst vs. Watte): t(13) = 2,83; p = 0,014; Vergleich (Frauen Sport vs. Watte): ; t(13) = 2,33; p = 0,036] sowie „Männer Angst“ gegenüber „Watte“ tendenziell mehr Ekel auslöste [t(13) = 2,13; p = 0,053].

Tabelle 6-52: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Spender x Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Ekel“

	Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
Frauen	abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	2,36	2,69	13	**0,018**
	abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	2,18	2,62	13	**0,021**
	abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	1,14	1,29	13	0,220
	abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	0,12	0,17	13	0,868
Männer	abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	0,90	2,13	13	**0,053**
	abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	0,91	2,21	13	**0,045**
	abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	2,57	2,83	13	**0,014**
	abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	1,41	2,33	13	**0,036**

6.1.5.2.4 Ärger

Design ohne Watte

Die Tabelle 6-53 zeigt auf, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Ärger“ im „Design ohne Watte“ eine hochsignifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 8,55; p = 0,007] ergab.

Tabelle 6-53: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Ärger“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	4,2	1	4,2	2,24	0,146
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	0,12	1	0,12	0,07	0,800
Fehler	Reiz	48,71	26	1,87		
Haupteffekt	Spender	1,78	1	1,78	0,83	0,371
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	18,32	1	18,32	8,55	**0,007**
Fehler	Spender	55,73	26	2,14		
Interaktion	Reiz x Spender	10,02	1	10,02	5,85	**0,023**
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,25	1	0,25	0,15	0,705
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	44,53	26	1,71		
Haupteffekt	Wahrnehmende	12,69	1	12,69	1,76	0,196
Fehler	Wahrnehmende	187,01	26	7,19		

Die Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-54) zeigte, dass Frauen im Vergleich zu Männern bei der Wahrnehmung von Männerschweiß mehr Ärger erlebten [t(26) = 2,45; p = 0,021]. Darüber hinaus zeigte sich, dass Frauen bei der Wahrnehmung von weiblichem Schweiß mehr Ärger empfanden als bei der Wahrnehmung von männlichen Schweiß [t(13) = -2,64; p = 0,020].

Tabelle 6-54: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Spender x Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Ärger“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
unabhängig	F_S: „F_W vs. M_W“	-0,14	-0,25	26	0,806
unabhängig	M_S: „F_W vs. M_W“	1,48	2,45	26	**0,021**
abhängig	F_W: „F_S vs. M_S“	-1,06	-2,64	13	**0,020**
abhängig	M_W: „F_S vs. M_S“	0,56	1,46	13	0,167

Weiter zeigte sich bei der varianzanalytischen Auswertung (siehe Tabelle 6-53) eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Spendergeschlecht“ [F(1, 26) = 5,85; p = 0,023].

Tabelle 6-55 Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „Reiz x Spender“, Skala „Ärger“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	F_S: „Angst“ vs. „Sport“	0,99	2,68	27	**0,012**
abhängig	M_S : „Angst“ vs. „Sport“	-0,21	-0,63	27	0,536
abhängig	Angst: „ F_S “ vs. „ M_S “	0,35	0,80	27	0,430
abhängig	Sport: „ F_S“ vs. „ M_S“	-0,85	-2,38	27	**0,025**

Wie aus Tabelle 6-55 hervorgeht, zeigte die Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige Stichproben, dass die Wahrnehmung von „Frauen Angst“ mehr Ärger auslöste als „Frauen Sport“ [t(27) = 2,68; p = 0,012]. Zudem zeigte sich, dass „Männer Sport“ mehr Ärger hervorrief als „Frauen Sport“ [t(27) = -2,38: p = 0,025].

Design mit Watte

Aus Tabelle 6-56 ist zu ersehen, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Ärger“ im „Design mit Watte“ einen signifikanten Haupteffekt unter dem Faktor „Chemosensorischer Reiz“ [F(3,87, 104) = 3,17; p = 0,018] aufweist.

Tabelle 6-56: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Ärger“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	22,71	3,87	5,87	3,17	**0,018**
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	21,07	3,87	5,45	2,94	**0,025**
Fehler	Reiz	186,27	104,00	1,79		
Haupteffekte	Wahrnehmende	10,31	1,00	10,31	1,49	0,233
Fehler	Fehler Wahrnehmende	179,46	26,00	6,90		

Nach der Auflösung dieses Haupteffekts mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-57) ergab sich, dass „Männer Sport“ und „Frauen Angst“ gegenüber „Watte“ Ärger auslöste [Vergleich („Männer Sport vs. Watte): t(27) = 2,13; p = 0,049; Vergleich (Frauen Angst vs. Watte): t(27) = 2,15; p = 0,041].

Tabelle 6-57: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffekts „Chemosensorischer Reiz“, Skala „Ärger“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	0,57	1,61	27	0,119
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	0,78	2,13	27	**0,042**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	0,91	2,15	27	**0,041**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	-0,07	-0,33	27	0,742

Weiter zeigte die varianzanalytische Auswertung eine Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(3,87, 104) = 2,94; p = 0,025].

Tabelle 6-58: Ergebnis Bedingte Wechselwirkungen unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Ärger“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
weiblich	Haupteffekt	Reiz	30,72	3,39	9,05	4,36	**0,007**
	Fehler	Reiz	91,53	52	1,76		
männlich	Haupteffekt	Reiz	13,06	1,98	6,58	1,79	0,187
	Fehler	Reiz	94,74	52	1,82		

Aus Tabelle 6-59 geht hervor, dass die Auflösung dieser Interaktion mittels bedingter Wechselwirkungen einen Haupteffekt für weibliche Wahrnehmende aufdeckt [F(3,39, 52) = 4,36; p = 0,007]. Eine Auflösung dieses Haupteffekts mittels t-Tests für abhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-59) zeigte, dass Frauen bei der Wahrnehmung von „Männer Angst“, „Män-

ner Sport“ und „Frauen Angst“ mehr Ärger empfinden im Vergleich zur Wahrnehmung von „Watte“ [Vergleich (Männer Angst vs. Watte): t(13) = 2,50; p = 0,027; Vergleich (Männer Sport vs. Watte): t(13) = 2,57; p = 0,023; Vergleich (Frauen Angst vs. Watte): t(13) = 2,52; p = 0,026].

Tabelle 6-59: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung des Haupteffekts „Chemosensorischer Reiz“ bei weiblichen Wahrnehmenden, Skala „Ärger“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
abhängig	„Männer Angst“ vs. „Watte“	1,38	2,50	13	**0,027**
abhängig	„Männer Sport“ vs. „Watte“	1,43	2,57	13	**0,023**
abhängig	„Frauen Angst“ vs. „Watte“	0,82	2,52	13	**0,026**
abhängig	„Frauen Sport“ vs. „Watte“	-0,14	-0,57	13	0,575

6.1.5.2.5 Trauer

Design ohne Watte

Aus der Tabelle 6-60 geht hervor, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Trauer“ weder einen signifikanten Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion ergab.

Tabelle 6-60: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Trauer“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,07	1	0,07	0,12	0,732
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	1,29	1	1,29	2,2	0,15
Fehler	Reiz	15,18	26	0,58		
Haupteffekt	Spender	0,09	1	0,09	0,11	0,739
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	0,52	1	0,52	0,64	0,431
Fehler	Spender	20,93	26	0,8		
Interaktion	Reiz x Spender	0,19	1	0,19	0,33	0,568
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	1,42	1	1,42	2,51	0,126
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	14,71	26	0,57		
Haupteffekt	Wahrnehmende	9,03	1	9,03	1,5	0,232
Fehler	Wahrnehmende	156,81	26	6,03		

Design mit Watte

Wie aus der Tabelle 6-61 hervorgeht, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Traurig“ im „Design mit Watte“ weder einen signifikanten Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion.

Tabelle 6-61: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Ärger“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	54,07	3,41	3,82	0,89	1,35
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	4,74	4,94	3,82	1,29	1,96
Fehler	Reiz	366,54	65,54	104	0,63	
Haupteffekte	Wahrnehmende	18,14	7,31	1	7,31	1,20
Fehler	Fehler Wahrnehmende	562,84	157,84	26	6,07	

6.1.5.2.6 Überraschung

Design ohne Watte

Aus Tabelle 6-62 ist zu ersehen, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Überraschung“ eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(1, 26) = 6,28; p = 0,019] ergab.

Tabelle 6-62: Ergebnis VA im Design ohne Watte, Skala „Überraschung“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	0,2	1	0,2	0,15	0,706
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	1,53	1	1,53	1,13	0,298
Fehler	Reiz	35,31	26	1,36		
Haupteffekt	Spender	0	1	0	0	0,987
Interaktion	Spender x Wahrnehmende	18,81	1	18,81	6,28	**0,019**
Fehler	Spender	77,84	26	2,99		
Interaktion	Reiz x Spender	0,84	1	0,84	0,47	0,497
Interaktion	Reiz x Spender x Wahrnehmende	0,77	1	0,77	0,44	0,515
Fehler	Reiz x Spender x Wahrnehmende	46,04	26	1,77		
Haupteffekt	Wahrnehmende	1,78	1	1,78	0,12	0,736
Fehler	Wahrnehmende	396,68	26	15,26		

Eine Auflösung dieser Interaktion mittels t-Tests für abhängige/unabhängige Stichproben (siehe Tabelle 6-63) zeigte, dass sich Frauen bei der Wahrnehmung vom Männerschweiß überraschter fühlten als bei der Wahrnehmung von Frauenschweiß [t(13) = -1,80; p = 0,096].

Tabelle 6-63: Ergebnisse t-Tests nach Auflösung der Interaktion „ Spender x Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Ärger“

Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
unabhängig	F_S: „F_W vs. M_W“	-0,57	-0,74	26	0,468
unabhängig	M_S: „F_W vs. M_W“	1,07	1,27	26	0,214
abhängig	F_W: „F_S vs. M_S“	-0,83	-1,80	13	**0,096**
abhängig	M_W: „F_S vs. M_S“	0,81	1,75	13	0,104

Design mit Watte

Wie aus Tabelle 6-64 hervorgeht, zeigte die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Überraschung“ im „Design mit Watte“ eine Interaktion zwischen den Faktoren „Chemosensorischer Reiz“ und „Wahrnehmendengeschlecht“ [F(3,48, 104) = 2,80; p = 0,037] auf.

Tabelle 6-64: Ergebnis VA im Design mit Watte, Skala „Überraschung“

	Quelle	QS	df	MS	F	p
Haupteffekt	Reiz	1,12	3,48	0,32	0,14	0,954
Interaktion	Reiz x Wahrnehmende	22,49	3,48	6,46	2,80	**0,037**
Fehler	Reiz	209,04	104	2,01		
Haupteffekte	Wahrnehmende	0,82	1	0,82	0,05	0,831
Fehler	Fehler Wahrnehmende	459,89	26	17,69		

Eine Auflösung dieser Interaktion über bedingte Wechselwirkungen (siehe Tabelle 6-65) zeigte keinen signifikanten Haupteffekt auf.

Tabelle 6-65: Ergebnis Bedingte Wechselwirkungen unter dem Faktor „Wahrnehmendengeschlecht“, Skala „Überraschung“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
weiblich	Haupteffekt	Reiz	13,62	3,28	4,15	1,889	0,141
	Fehler	Reiz	93,76	52	1,80		
männlich	Haupteffekt	Reiz	9,98	3,13	3,19	1,126	0,351
	Fehler	Reiz	115,28	52	2,22		

6.1.5.2.7 Zusammenfassung der Auswertung Emotionale Geruchsbeschreibung: Basisemotionen

In der der Tabelle 6-66 sind die varianzanalytischen Effekte der Auswertung des subjektiven Ratings auf den Basisemotionsskalen eingetragen. In der Abbildung 6-6 sind die wichtigsten Ergebnisse graphisch dargestellt. Wie aus der Tabelle 6-66 sowie der Abbildung 6-6 hervorgeht, rief die Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes im Vergleich zum Sportschweiß weiblicher Spender bei den Wahrnehmenden weniger Freude und mehr Ärger hervor, wie auf den gleichnamigen Skalen erkennen ist. Auf allen weiteren Skalen ließen sich keine differenziellen Effekte zwischen den Spendebedingungen beobachten.

Tabelle 6-66: Ergebnisübersicht VA emotionale Geruchsbeschreibung Basisemotionen „Design ohne Watte“

	Haupteffekte			Interaktionen 1. Ordnung			Interaktion 2. Ordnung
Skala	Reiz	Spender	Wahrnehmende	Reiz x Wahrnehmende	Reiz x Spender	Spender x Wahrnehmende	Reiz x Spender x Wahrnehmende
Angst	-	-	-	-	-	-	-
Freude	-	-	-	-	F_S: S > A ** S: F_S > M_S *	-	-
Ekel	-	-	F_W > M_W p = 0,083	-	-	M_S: F_W > M_W** F_W: M_S > F_S** M_W: F_S > M_S p = 0,077	-
Ärger	-	-	-	-	F_S: A > S * S: M_S > F_S *	M_S: F_W > M_W** F_W: M_S > F_S*	-
Trauer	-	-	-	-	-	-	-
Überr.	-	-	-	-	-	F_W: M_S > F_S p = 0,096 *	-

Legende siehe Tabelle 6-28

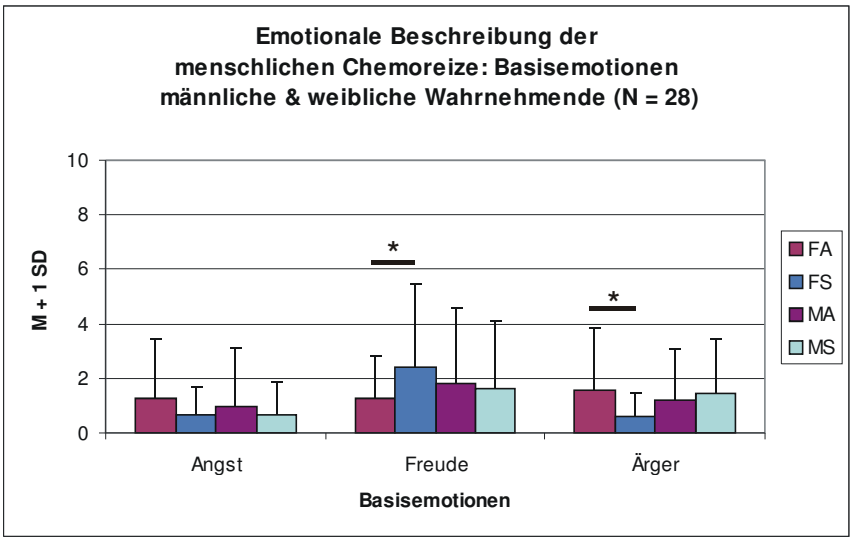
Geschlechtsspezifische Effekte zeigten sich auf den Skalen „Freude“, „Ärger“, „Ekel“ und Überraschung“: Der männliche Sportschweiß wurde gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender als weniger Freude und mehr Ärger induzierend beschrieben. Unter Berücksichtigung des Spendergeschlechts zeigte sich, dass der männliche Schweiß mehr Ärger und Ekel hervorrief als der Schweiß der weiblichen Spender. Auf der Seite der Wahrnehmenden zeigte sich, dass Frauen, vergleichen mit dem weiblichen Schweiß, den Schweiß männlicher Spender stärker als Ärger- und Ekel- auslösend erlebten. Tendenziell erbebten Frauen bei der Wahrnehmung der Körpergerüche mehr Ekel.

Unter Einbezug der Kontrastbedingung zeigte sich, dass alle menschlichen chemosensorischen Reize gegenüber der Kontrastbedingung mehr bzw. tendenziell mehr Angst auslösten (siehe Tabelle 6-67). Bis auf den weiblichen Sportschweiß induzierten die anderen Körpergerüche mehr Freude als „Watte“. Männer erlebten bei der Wahrnehmung aller Schweißproben im Vergleich zu „Watte“ mehr Ekel. Hingegen erlebten Frauen bei der Wahrnehmung männlicher Schweißproben gegenüber „Watte“ mehr Ekel, jedoch auch mehr Ärger. Zum leichteren Verständnis sind auch diese Ergebnisse in der Abbildung 6-6 eingetragen

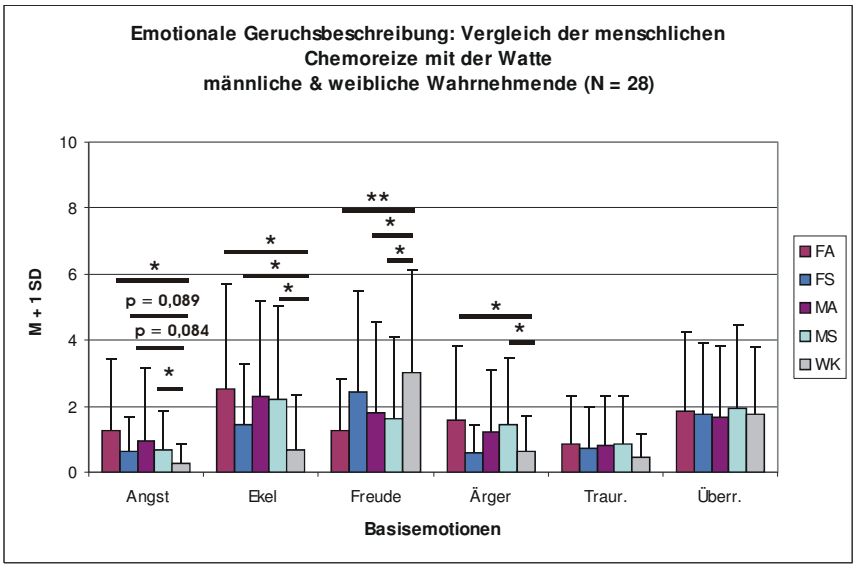
Tabelle 6-67: Ergebnisübersicht VA emotionale Geruchsbeschreibung Basisemotionen „Design mit Watte“

	Haupteffekt		Interaktion
Skala	Reiz	Wahrnehmende	Reiz x Wahrnehmende
Angst	p = 0,069 $M_{S: A} > W$ (p = 0,084) $M_{S: S} > W$* $F_{S: A} > W$* $F_{S: S} > W$ (p = 0,089)	-	-
Freude	** $M_{S: A} > W$* $M_{S: S} > W$* $F_{S: A} > W$**	-	-
Ekel	** $M_{S: A} > W$** $M_{S: S} > W$** $F_{S: A} > W$**	* $F_W > M_W$	* F_W: $M_{S: A} > W$* F_W: $M_{S: S} > W$* M_W: $M_{S: A} > W$ p = 0,053 M_W: $M_{S: S} > W$* M_W: $F_{S: A} > W$* M_W: $F_{S: S} > W$*
Ärger	* $M_{S: S} > W$* $F_{S: A} > W$*	-	* F_W: $M_{S: A} > W$* F_W: $M_{S: S} > W$* F_W: $F_{S: A} > W$*
Trauer	-	-	-
Überr.	-	-	*

Legende siehe Tabelle 6-28



(A)



(B)

Abbildung 6-6: Ergebnisse der emotionalen Geruchsbeschreibung auf dem Fragebogen „Basisemotionen“ für Männer und Frauen zusammen (A) im „Design ohne Watte“ und (B) im „Design mit Watte“
Legende siehe Abbildung 6-3

6.1.6 Zusammenfassung der subjektiven Daten

Die menschlichen chemosensorischen Reize wurden in ca. 25 – 57 % der Fälle im Geruchsdetektionstest erfolgreich detektiert, wobei ungeachtet der Art der Reize Frauen bessere Leistungen zeigten als Männer. Ein Einfluss der Spendesituation oder des Spendergeschlechts auf die Detektierbarkeit der Reize ließ sich nicht feststellen. Im Gegensatz zu den Detektionsleistungen vor dem Scanvorgang gaben Männer im Vergleich zu Frauen während des Scans häufiger an, bei der Darbietung der menschlichen chemosensorischen Reize einen Geruch

wahrgenommen zu haben. Insgesamt wurde das männliche Spendenmaterial im Vergleich zum weiblichen während des Scanvorgangs häufiger als Geruch erkannt. Weiter ließ sich beobachten, dass die chemosensorischen Reize im ersten Durchgang weniger häufig als Geruch erkannt wurden, verglichen mit den Detektionsraten der nachfolgenden Durchgänge.

Die deskriptive Auswertung der qualitativen Geruchsbeschreibung ergab, dass die menschlichen Reize am häufigsten mit den Begriffen „würzig“ und „harzig“ beschrieben wurden. Der Angstschweiß wurde im Vergleich zu dem Sportschweiß häufiger als „blumig“ und weniger häufig als „würzig“ beschrieben. Darüber ließen sich geschlechtsspezifische Unterschiede beobachten: das chemosensorische Reizmaterial weiblicher Spender wurde im Vergleich zu männlichem Spendermaterial eher mit positiven Attributen („blumig“, „fruchtig“) assoziiert. Zudem differenzierten weibliche Vpn stärker zwischen dem Spendergeschlecht als männliche. „Watte“ wurde im Vergleich zu den menschlichen Reizen eher mit positiven Attributen assoziiert.

Die Auswertung der Fragebögen zur Geruchsbeschreibung ergab, dass die Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender weniger Freude und mehr Ärger hervorrief. Zudem gaben weibliche Wahrnehmende an, den Sportschweiß weiblicher Spender im Vergleich zum weiblichen Angstschweiß als bekannter und tendenziell intensiver zu erleben. Alle weiteren Effekte ließen sich nur noch auf das Spender- bzw. das Wahrnehmendengeschlecht zurückzuführen: Weibliche Vpn bewerteten gegenüber männlichen Vpn die menschlichen Chemoreize als intensiver, unangenehmer und bekannter ein. Zudem gaben Frauen im Vergleich zu Männern an, sich bei der Wahrnehmung der Körpergerüche weniger glücklich und sich tendenziell weniger dominant zu fühlen sowie tendenziell mehr Ekel zu empfinden. Darüber hinaus wurde das männliche chemosensorische Reizmaterial gegenüber dem weiblichen insgesamt als unangenehmer beschrieben. Frauen bewerteten im Vergleich zu Männern das männliche Spendenmaterial als unangenehmer, weniger angenehm und fühlten sich bei der Wahrnehmung des männlichen Schweißes weniger glücklich, mehr geekelt und mehr geärgert.

Bei den Auswertungen unter Einbezug der Kontrastbedingung fiel auf, dass „Watte“ gegenüber den menschlichen chemosensorischen Reizen grundsätzlich weniger emotionsauslösend war. Dies zeichnete sich vor allem auf den Skalen „Valenz“, „Angst“, „Ekel“, „Freude“ und „Ärger“ ab. „Watte“ wurde zwar gegenüber den menschlichen Chemoreizen als nicht unterschiedlich intensiv eingeschätzt, jedoch gegenüber dem weiblichen Spendematerial häufiger während des Scanvorgangs als Geruch erkannt.

6.2 Funktionelle Bilder

Die Darstellung der Ergebnisse beginnt mit den Kontrastierungen der BOLD-Reaktionen, welche durch den Angst- und Sportschweiß hervorgerufen wurden. Hieran schließen sich die Vergleiche der BOLD-Reaktionen infolge der Wahrnehmung der Körpergerüche und „Watte" an. Die jeweiligen Abschnitte beginnen mit der tabellarischen Darstellung der Ergebnisse der ROI-Analysen. Die Ergebnisse der Gesamthirn-Analysen werden hieran im Anschluss dargestellt. Dabei werden die Ergebnisse der Gesamthirn-Analysen grundsätzlich auch in Form von „SPM2"-Output-Graphiken (Glashirndarstellung) abgebildet. Hervorzuhebende Aktivierungen werden gesondert graphisch dargestellt.

6.2.1 Kontraste „Angstschweiß vs. Sportschweiß"

ROI-Analyse

Wie aus Tabelle 6-68 zu entnehmen ist, ergab die ROI-Analyse für die Kontraste „Angst > Sport" und „Sport > Angst", dass in keiner der ROI´s eine Aktivierung zu beobachtet war.

Tabelle 6-68: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten Angst vs. Sport

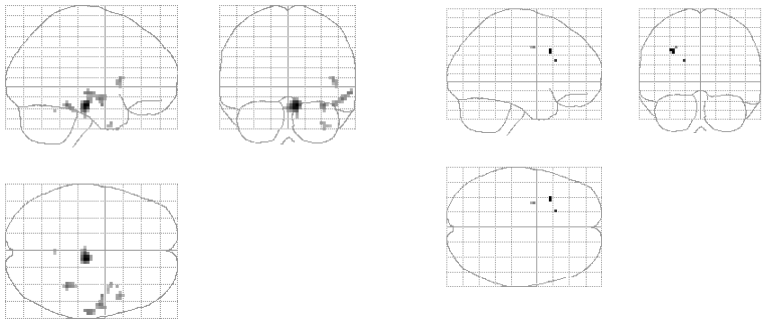
Vergleich	Areal	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
A > S	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S > A	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

k ≥ 1; p = 0,001 unkorrigiert; df:189; t-krit: 3,13

Gesamthirn-Analyse

Die Ergebnisse der Gesamthirnanalyse für die Kontraste „Angst vs. Sport" sind der Tabelle 6-69 und der Abbildung 6-7 zu entnehmen. Es ist dort zu erkennen, dass in diesen Kontrasten der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß vor allem in limbischen und subkortikalen Regionen vermehrte Aktivierungen hervorrief, wie auch in der Abbildung 6-8 graphisch dargestellt ist. Als auffälligste Aktivierung ließ sich im Kontrast „Angst > Sport" ein lokales Maximum im Mesenzephalon (Substantia nigra; k = 49) finden. Weiter zeigten sich mehrere

lokale Maxima im Gyrus temporalis superior, welche als ein gemeinsames Cluster (BA 22; k = 34) identifiziert wurden. Zudem ließ sich eine Aktivierung im Gyrus fusiformis (BA 37; k = 15) sowie weitere kleinere lokale Maxima in den limbischen Anteilen des Temporallappens sowie im Bereich der Insel finden. Es wurden jedoch keine Aktivierungen aufgedeckt, welche in der Nähe der ROI´s lokalisiert waren. Im Gegenkontrast „Sport > Angst“ zeigte sich eine kleinere Aktivierung im Gyrus frontalis medius (BA 44; k = 4) und näherer Nachbarschaft im der weißen Substanz finden.



(A) **(B)**

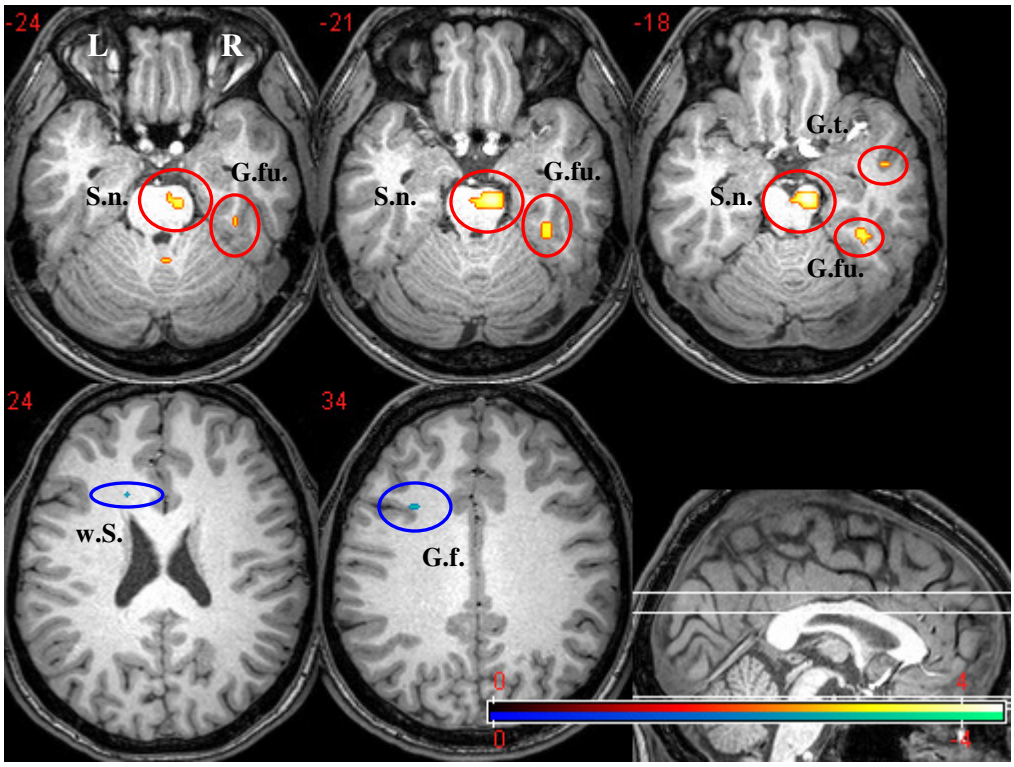
Abbildung 6-7: Glashirndarstellung α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert
(A) Aktivierungen im Kontrast „Angst > Sport“
(B) Aktivierungen im Kontrast „Sport > Angst“

Tabelle 6-69: Ergebnisse Gesamthirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“

Vergleich	Areal	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
A > S	**Temporallappen**									
	Gyrus temporalis superior	22	R	54	-6	-12	34	3.60	0.000	0.814
	Gyrus temporalis superior	22	R	63	-18	-6		3.54	0.000	0.859
	Sulcus temporalis superior	21	R	45	-3	-18		3.54	0.000	0.863
	Limbische Region									
	Gyrus fusiformis	37	R	36	-39	-18	15	3.66	0.000	0.756
	Gyrus temporalis superior / Sulcus temporalis inferior	36	R	33	6	-36	6	3.32	0.001	0.971
	Gyrus temporalis medius	20	R	36	12	-42	1	3.27	0.001	0.983
	Mesenzephalon									
	substantia nigra	35 / -	R	9	-21	-18	49	4.35	0.000	0.145
	Cerebellum									
	Vermis cerebelli	0	-	0	-51	-24	2	3.22	0.001	0.989
	Indifferent									
	Gyrus frontalis inferior, pars opercularis / Sulcus circularis insulae	48	R	45	15	6	12	3.43	0.000	0.930
S > A	**Frontallappen**									
	Gyrus frontalis medius	44	L	-30	15	33	4	3.32	0.001	0.971
	indifferent									
	w. S. / Ncl. Caudatus / Gyrus cinguli anterior	- / 48	L	-18	21	24	1	3.28	0.001	0.980
	w. S. / Gyrus praecentralis / Gyrus frontalis superior	- / 6	L	-27	-3	39	2	3.22	0.001	0.989

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df:189; t-krit: 3,13

(A)



(B)

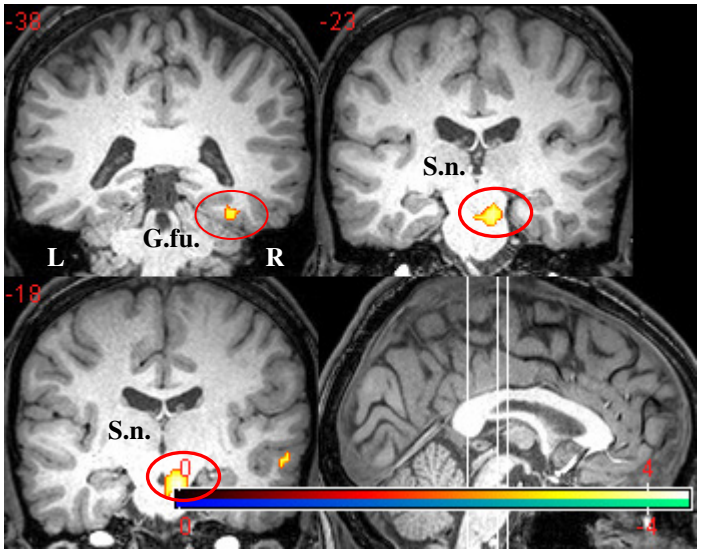


Abbildung 6-8: Aktivierungen im Kontrast „Männer (Wahrnehmende)“: **„Schweiß > Watte“** (p = 0,05 korrigiert; t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Watte > Schweiß“** (p = 0,001 unkorrigiert; t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp
(A) koronare Schichten
(B) transversale Schicht
l. OFK: lateraler orbitofrontaler Kortex
G.r.: Gyrus rectus
S.c.i.: Sulcus circularis insulae
rote Zahlen:
(A): z-Koordinaten
(B): y-Koordinaten

6.2.2 Kontratse „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ in Abhängigkeit des Wahrnehmendengeschlechts

ROI-Analyse

Wie die Tabelle 6-70 zeigt, ließen sich nach einer Aufteilung der Gesamtstichprobe entlang des Wahrnehmendengeschlechts in den ROI-Analysen geschlechtsspezifische Aktivierungsmuster erkennen. Männliche Vpn zeigen bei der Wahrnehmung des Angstschweißes im Vergleich zur Wahrnehmung des Sportschweißes bilaterale Aktivierungen in der Amygdala und im Hippokampus auf. Bei Frauen lassen sich hingegen in den ROI´s keinerlei Aktivierungen finden.

Tabelle 6-70: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ in Abhängigkeit des Wahrnehmendengeschlechts

Vergleich	Areal	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
M_E: A > S	Amygdala	R	30	-9	-12	1	3.29	0.001	0.023
	Amygdala	L	-30	-3	-27	1	3.29	0.001	0.023
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	R	18	-12	-21	7	3.75	0.000	0.026
	Hippokampus	L	-27	-6	-24	1	3.26	0.001	0.094
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-
M_E: S > A	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK								
F_E: A > S	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-
F_E: S > A	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK								

$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18

Gesamthirnanalyse

Wie der Tabelle 6-71 und der Abbildung 6-9 zu entnehmen ist, zeigten sich in der Gesamthirnanalyse im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Angst > Sport“ auffällige Aktivierungen vor allem im Temporallappen und speziell in dessen limbischen Anteilen. Wie aus der Abbildung 6-10 hervorgeht, stellen die in der ROI-Analyse gefundenen Amygdala-Aktivierungen keine eigenständigen lokalen Maxima dar. So gehört die in der ROI-Analyse gefundene rechtsseitige Amygdala-Aktivität (Koordinaten: -30 -3 -27) zu einer Aktivierung über 4 Voxel, welche hier ihren Ursprung in einem Bereich zwischen Hippokampus, Globus Pallidum und weißer Substanz findet (BA 20/48/-; Koordinaten: -33 -3 -24).

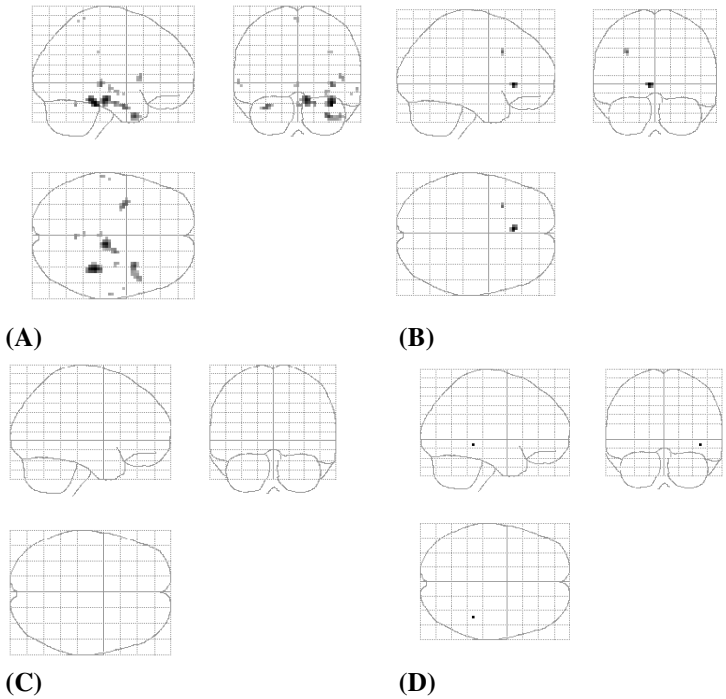
Aus der Tabelle 6-71 ist weiterhin zu ersehen, dass die in der ROI-Analyse gefundene linksseitige Amygdala-Aktivität (Koordinaten: -30 -3 -27) zu einem Cluster von 13 Voxeln gehört, welches ihren Ursprung in der Nähe des rechten Hippokampus in der weißen Substanz finden (BA 34/36; Koordinaten: -33 -3 -24). Die in der ROI-Analyse identifizierte rechtsseitige Hippokampus-Aktivierung (Koordinaten: 18 -12 -21) stellt hingegen ein „echtes“ lokales Maximum im Hippokampus dar. Dabei wird diese Aktivierung zu einem ausgeprägten Cluster gezählt, welches sein Maximum im Mesenzephalon (Substantia nigra; BA: -/35; k = 39) besitzt. Darüber hinaus zeigte sich vermehrte Aktivität in der Nähe des rechten Hippokampus/Putamen mit einem Maximum in der weißen Substanz (BA: 20/37/48; k = 4). Weitere - nicht in der Nähe der ROI´s gelegenen - Aktivierungen zeigten sich im Gyrus fusiformis (BA 20/37; k = 37). Im Gegenkontrast „Männer (Wahrnehmende): Sport > Angst“ lassen sich lediglich zwei kleinere lokale Maxima erkennen, wobei das größere der beiden seinen Ursprung im Gyrus rectus / Gyrus cinguli anterior (BA 25; k = 10) findet.

Der Tabelle 6-71 ist weiterhin zu entnehmen, dass sich im Falle weiblicher Wahrnehmende in der Gesamthirnanalyse nur im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Sport > Angst“ eine schwache Aktivierung in Form eines aktiven Voxels zeigte, welches in der weißen Substanz in der Nähe zum posterioren Gyrus parahippocampalis (BA 37; k = 1) auftritt (siehe auch Abbildung 6-9).

Tabelle 6-71: Ergebnisse Gesamthirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ in Abhängigkeit des Wahrnehmendengeschlechts

Vergleich	Areal	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_W: A > S	**Temporallappen**									
	Gyrus fusiformis	20/37	R	36	-33	-21	37	4.47	0.000	0.158
	Gyrus temporalis medius	21	L	-63	-27	0	3	3.40	0.001	0.972
	Gyrus temporalis superior / medius	21/22	R	63	-18	-6	3	3.39	0.001	0.973
	Gyrus temporalis superoir	22	L	-60	-18	-3	1	3.25	0.001	0.994
	Gyrus temporalis superior	22	R	57	-3	-12	1	3.23	0.001	0.995
	Parietallappen									
	Precuneus	5	R	-3	-45	69	2	3.30	0.001	0.989
	w. S. / Gyrus supramarginalis	48	R	36	-30	33	2	3.24	0.001	0.995
	Precuneus	5	-	0	-51	66	1	3.21	0.001	0.996
	Limbische Region									
	Hippokampus (als Cluster mit subst. n.)	35	R	18	-12	-21		3.75	0.000	0.770
	Gyrus temporalis medius / Gyrus fusiformis	20/36	R	33	9	-36	32	4.01	0.000	0.503
	Gyrus temporalis inferior	20	R	45	12	-36		3.57	0.000	0.905
	w. S /.Hippokampus / Putamen	20/37/48	R	36	-27	0	6	3.85	0.000	0.671
	Hippokampus / w. S.	34 / 36	L	-33	-3	-24	13	3.81	0.000	0.711
	Hippokampus / Pallidum / w. S.	20/48/-	R	30	-12	-9	4	3.35	0.001	0.981
	Mesenzephalon									
	Substantia nigra	35 / -	R	9	-21	-18	39	4.29	0.000	0.260
	Tectum mesencephali	0	0	0	-27	-3	5	3.31	0.001	0.988
	Cerebellum									
	Vermis 4	0	-	0	-54	-24	3	3.49	0.000	0.943
	Indifferent									
	Gyrus frontalis inferior opercularis / Sulcus circularis insulae	48	R	45	15	6	7	3.47	0.000	0.949
M_W: S > A	**Frontallappen**									
	Gyrus frontalis medius / w. S.	44/-	L	-30	15	36	5	3.47	0.000	0.949
	indifferent									
	Gyrus rectus / Gyrus cinguli anterior	25	L	-6	27	0	10	3.82	0.000	0.702
F_W: A > S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F_W: S > A	**Temporallappen**									
	Gyrus parahippocampalis / w. S.	37	R	42	-39	-6	1	3.21	0.001	0.999

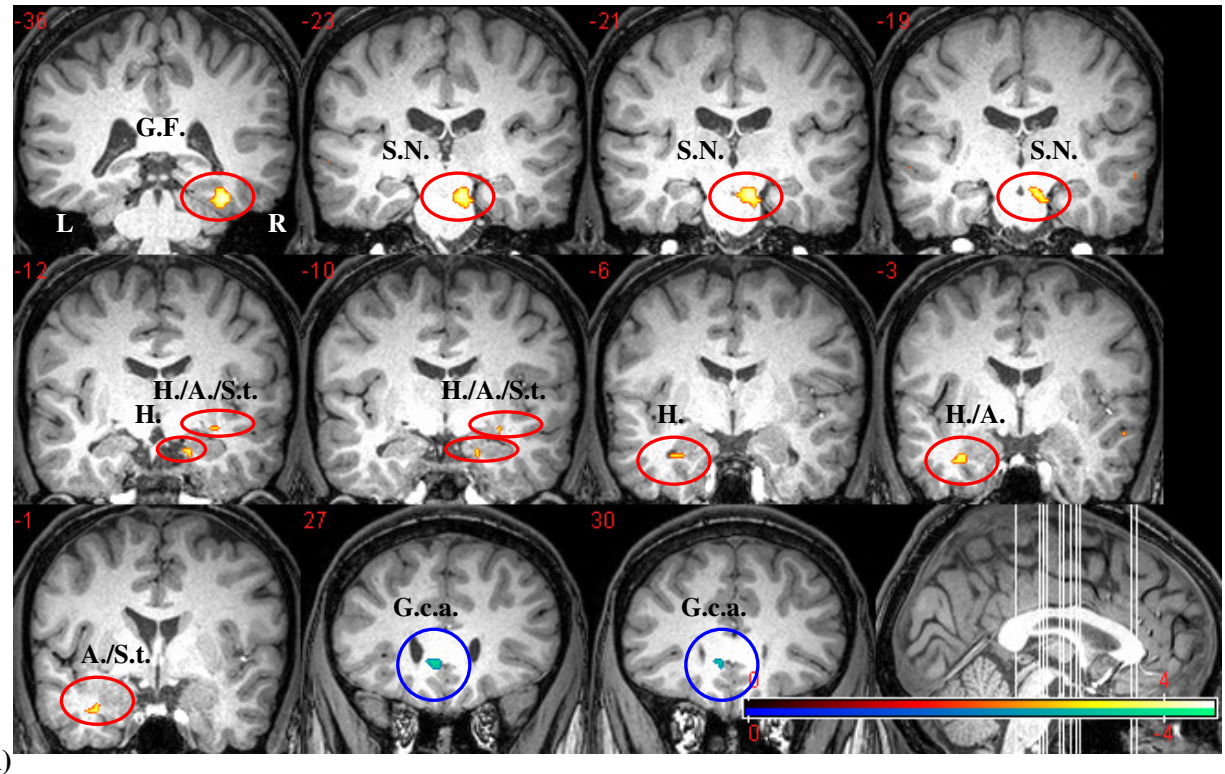
$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18



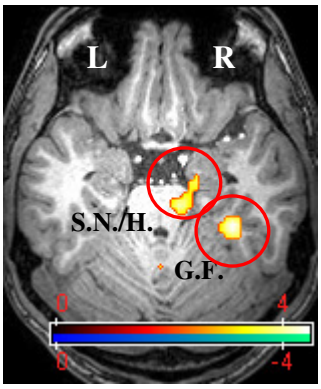
(A) **(B)**

(C) **(D)**

Abbildung 6-9: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert
Aktivierungen im Kontrast
(A) „Männer (Wahrnehmende): Angst > Sport“
(B) „Männer (Wahrnehmende): Sport > Angst“
(C) „Frauen (Wahrnehmende): Angst > Sport“
(D) „Frauen (Wahrnehmende): Sport > Angst“



(A)



(B)

Abbildung 6-10: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): **„Angst > Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Sport > Angst“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählte Schichten eines normalisierten T1-Bild einer männlichen Vp
(A) koronare Schichten
(B) transversale Schicht
H.: Hippokampus
A.: Amygdala
G.c.a.: Gyrus cinguli anterior
S.N.: Substantia nigra
S.t.: Stria terminalis
rote Zahlen: y-Koordinate

6.2.3 Kontratse „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

ROI-Analyse

Die Tabelle 6-72 zeigt auf, dass in der ROI-Analyse im Kontrast „Frauen Angst > Frauen Sport“ eine Aktivierung in einer ROI auftrat. Die hierbei identifizierte linksseitige Hippokampus-Aktivität wurde jedoch nur schwach signifikant (p = 0,091).

Tabelle 6-72: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxelle-vel	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
$M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK								
$M_{S: S} > M_{S: A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK								
$F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	L	-24	-9	-21	2	3,22	0,001	0,091
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK								
$F_{S: S} > F_{S: A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK								

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 189; t-krit: 3,13

Gesamthirnanalyse

Wie der Tabelle 6-73 zu entnehmen ist, zeigten sich in der Gesamthirndarstellung, dass der männliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender zu vermehrten Aktivierungen in zentralen (BA 40; k = 13) und parietalen Arealen (BA 2; k = 24) sowie in der Nähe des rechten entorhinalen Kortex (BA 36; k = 2), im rechten posterioren Gyrus fusiformis /parahippocampalis (BA 20; k = 3 / BA 30/37; k = 14) und im Bereich des Pulvinar (k = 7) rechtshemisphärisch führte. Hingegen zeigte sich im Gegenkontrast „Männer Sport > Männer Angst“ lediglich ein lokales Maximum in der Nähe des Gyrus cinguli medius (BA -/23; k = 9). In der Abbildung 6-11 und Abbildung 6-12 sind diese Ergebnisse dieser Kontraste noch einmal graphisch dargestellt.

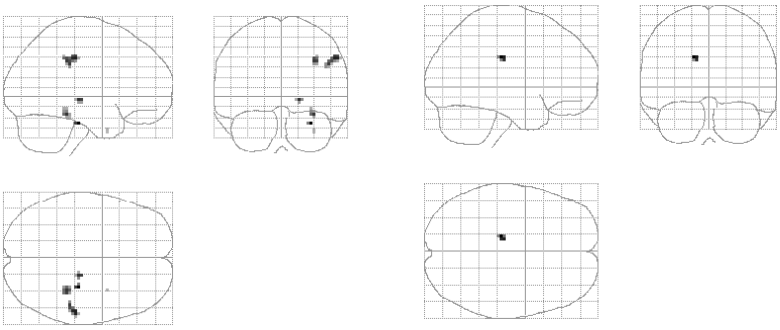
Wie weiter aus der Tabelle 6-73 hervorgeht, ließen sich im Falle weiblicher Spender für den Kontrast „Frauen Angst > Frauen Sport“ vermehrte Aktivierungen u.a. im linken Hippokampus (BA 20/35/36; k = 2; siehe auch ROI-Analyse) sowie im Mesenzephalon (Substantia nigra; k = 9) finden. Der Gegenkontrast „Frauen Angst > Frauen Sport“ deckte ein Maxi-

mum im Sulcus collateralis (BA 37; k = 9) auf (siehe auch Abbildung 6-11 und Abbildung 6-13).

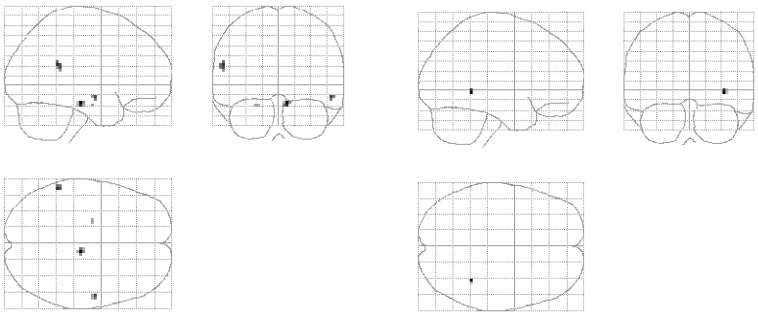
Tabelle 6-73: Ergebnisse Ganzhirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_S: A > S	**Zentrale Region**									
	Sulcus intraparietalis / postcentralis	40	R	33	-36	36	13	3.50	0.000	0.890
	Parietallappen									
	Gyrus supramarginalis	2	R	54	-27	39	24	3.57	0.000	0.840
	Gyrus supramarginalis	2	R	48	-33	33		3.48	0.000	0.900
	Temporallappen									
	Gyrus parahippocampalis	20/30	R	30	-24	-27	3	3.67	0.000	0.749
	Gyrus fusiformis	37	R	33	-36	-18	14	3.50	0.000	0.887
	Limbische Region									
	Sulcus temporalis inferior (Nähe entorhinaler Kortex)	36	R	33	6	-33	2	3.16	0.001	0.994
	Subkortikale Kerne									
	Pulvinar	-	R	18	-24	-3	7	3.52	0.000	0.876
M_S: S > A	**Limbische Region**									
	w. S. / Gyrus Cinguli medius	- /23	L	-15	-24	30	9	3.61	0.000	0.801
F_S: A > S	**Temporallappen**									
	Gyrus temporalis superior	42	L	-57	-45	21	10	3.45	0.000	0.920
	Gyrus temporalis superior	22	R	54	-6	-12	5	3.41	0.000	0.939
	Limbische Region									
	Hippokampus	20/35/36	L	-24	-9	-21	2	3.22	0.001	0.990
	Mesenzephalon									
	Substantia nigra	35/ -	R	9	-21	-18	9	3.57	0.000	0.837
F_S: S > A	**Temporallappen**									
	Sulcus collateralis	37	R	36	-45	-3	4	3.39	0.000	0.948

$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df: 189; t-krit: 3,13

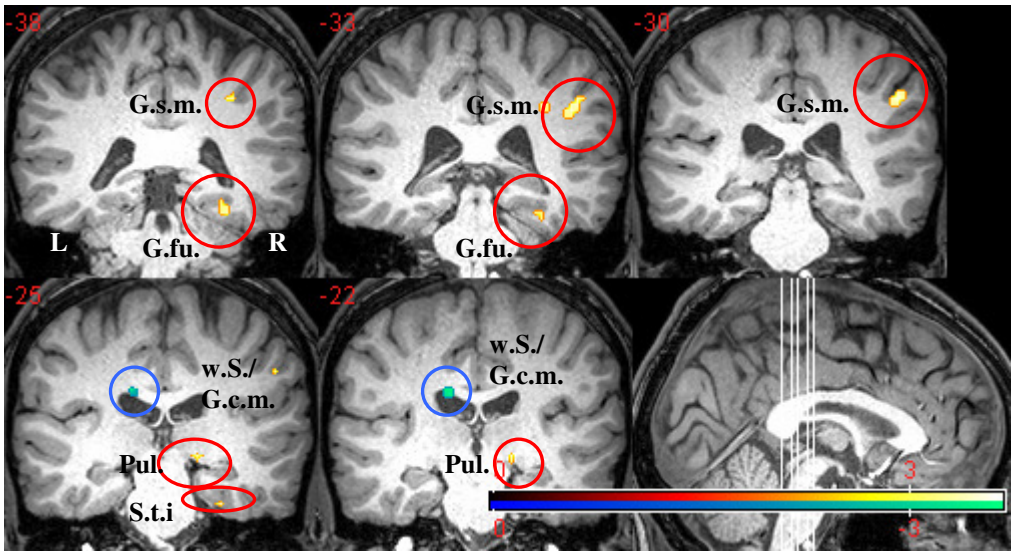


(A) **(B)**

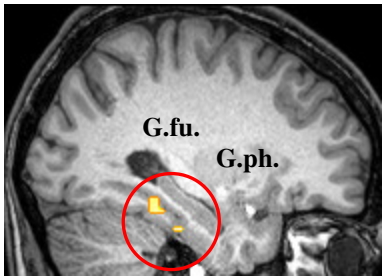


(C) **(D)**

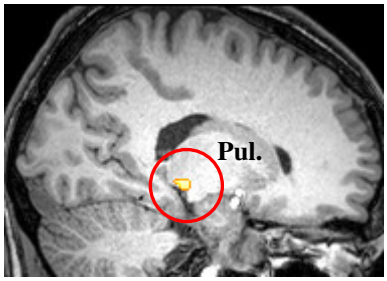
Abbildung 6-11: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert Aktivierungen im Kontrast
(A) „Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Männer Sport > Männer Angst“
(C) „Frauen Angst > Frauen Sport“
(D) „Frauen Sport > Frauen Angst“



(A)



(B)



(C)

Abbildung 6-12: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) im Kontrast: **„Männer Angst > Männer Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Männer Sport > Männer Angst“** über alle Wahrnehmenden (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp
(A) koronare Schichten
(B) und (C) sagittale Schichten
G.c.m.: Gyrus cinguli medius
G.fu.: Gyrus fusiformis
G.ph.: Gyrus parahippocampalis
G.s.m.: Gyrus supramarginalis
Pul.: Pulvinar
w.S.: weiße Substanz
rote Zahlen: y-Koordinaten

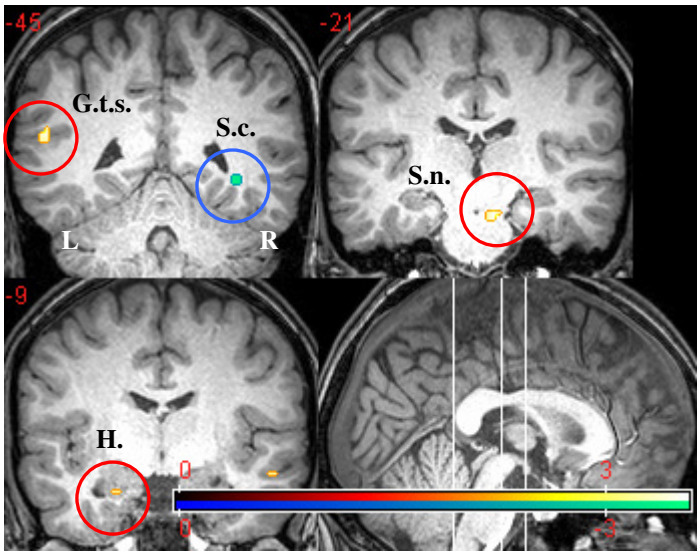


Abbildung 6-13: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) im Kontrast: **„Männer Angst > Männer Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und „**Männer Sport > Männer Angst“** über alle Wahrnehmenden (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten koronaren Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer weiblichen Vp
G.t.s.: Gyrus temporalis superior
S.c.: Sulcus collateralis
S.n.: Substantia nigra
H.: Hippokampus
rote Zahlen: y-Koordinaten

6.2.4 Kontratse „Angstschweiß vs. Sportschweiß“ in Abhängigkeit des Spender- und Wahrnehmendengeschlechts

Männer als Wahrnehmende: ROI-Analyse

Die Berechnung der ROI-Analyse ist der Tabelle 6-74 zu entnehmen. Es zeigte für männliche Wahrnehmende im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“ ein signifikantes Voxel im rechten posterioren Hippokampus. Ansonsten wurde in keinem weiteren Vergleich eine vermehrte Aktivität in einer der ROI´s aufgedeckt.

Tabelle 6-74: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ bei Männern als Wahrnehmende in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxelle-vel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_E: $M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus		R	36	-27	-6	1	3.55	0.000	0.044
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_E: $M_{S: S} > M_{S:A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_E: $F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus									
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_E: $F_{S: S} > F_{S: A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18

Männer als Wahrnehmende: Gesamthirnanalyse

Wie der Tabelle 6-75 und der Abbildung 6-14 zu entnehmen ist, ergab die Gesamthirnanalyse, dass alle Aktivierungen im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“ ausschließlich der rechten Hemisphäre zuzuordnen sind. Die in der ROI-Analyse gefundene Aktivierung im posterioren Hippokampus ist hier wieder zu finden, weist ihr lokales Maximum jedoch nicht im Hippokampus selber, sondern in der Nähe in der weißen Substanz auf (BA 20/37/48; k = 26). Dorsal hierzu fallen aktive Voxel im Gyrus fusiformis (BA 37; k = 22) auf. Ein großes zusammenhängendes Cluster aktiver Voxel zeigte sich im Gyrus supramarginalis (BA 48; k = 191). Im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“ zeigten sich keine signifikanten Aktivierungen. In der
Abbildung 6-15 sind ausgewählte Ergebnisse dieser Kontraste graphisch noch einmal dargestellt.

Tabelle 6-75: Ergebnisse Gesamthirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ bei Männern als Wahrnehmende in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	P unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_W: $M_{S:A} > M_{S:S}$	**Zentrale Region**									
	Sulcus postcentralis	3	R	33	-30	51	2	3.23	0.001	0.995
	Parietallappen									
	w.S./Gyrus supramarginalis	48	R	39	-33	33	191	3.92	0.000	0.601
	Gyrus parietalis inferior	2 / 40	R	54	-36	51		3.89	0.000	0.627
	Gyrus supramarginalis	2	R	57	-27	42		3.83	0.000	0.686
	Limbische Region									
	w. S. / Hippokampus	20/37/48	R	36	-27	0	26	4.53	0.000	0.133
	Sulcus occipito-temproralis lateralis	20 / 36	R	33	9	-36	13	3.73	0.000	0.782
	Temporallappen									
	Gyrus fusiformis	37	R	33	-36	-18	22	3.88	0.000	0.635
	Gyrus parahippocampalis	37	R	27	-45	0	3	3.43	0.000	0.962
	Gyrus parahippocampalis	20 / 30	R	30	-24	-27	2	3.43	0.000	0.963
	Gyrus entorhinalis	28	R	24	0	-30	1	3.35	0.001	0.982
M_W: $M_{S:S} > M_{S:A}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W: $F_{S:A} > F_{S:S}$	**Temporallappen**									
	Gyrus temporalis medius	22	L	-60	-18	-3	7	3.65	0.000	0.847
	Gyrus temporalis medius	21	L	-60	-27	0		3.38	0.001	0.976
	Sulcus temporalis superior	21	L	-48	-30	-3	1	3.26	0.001	0.993
	Limbische Region									
	Hippokampus / w. S.	36	L	-33	-3	-24	1	3.21	0.001	0.996
	Mesenzephalon									
	Substantia nigra	35 / -	R	9	-21	-18	2	3.38	0.001	0.975
M_W: $F_{S:S} > F_{S:A}$	**indifferent**									
	Gyrus rectus / Gyrus cinguli anterior	11/ 25	L	-6	27	0	4	3.27	0.001	0.992
	Parietallappen									
	Gyrus supramarginalis	48	R	48	-24	27	12	3.66	0.000	0.843
	Gyrus supramarginalis	2	R	63	-30	36	1	3.19	0.001	0.997

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18

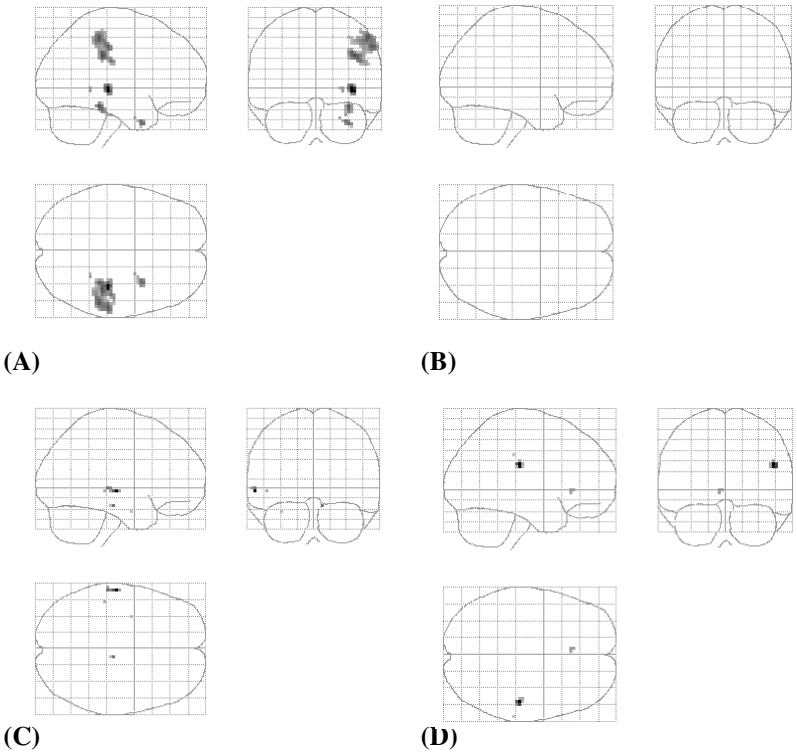
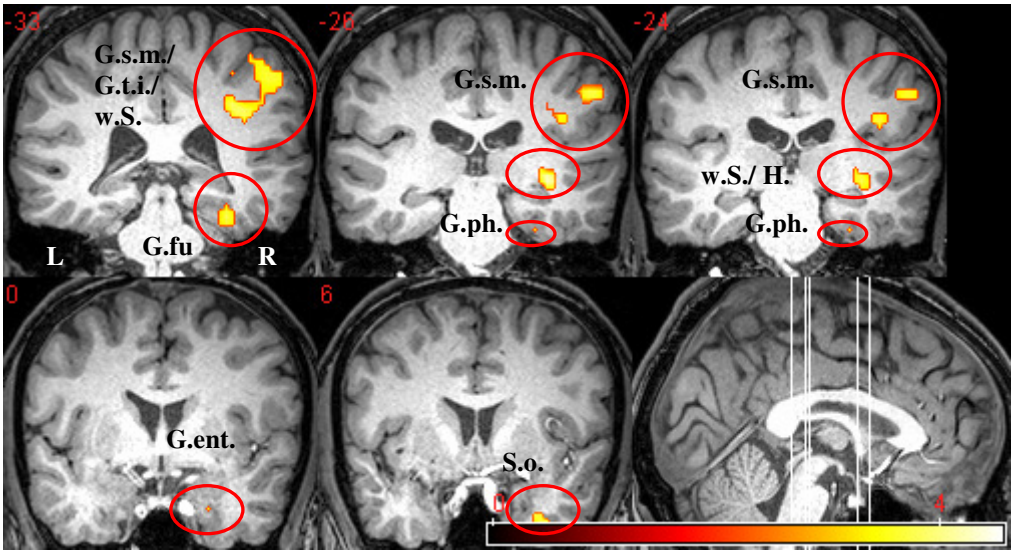
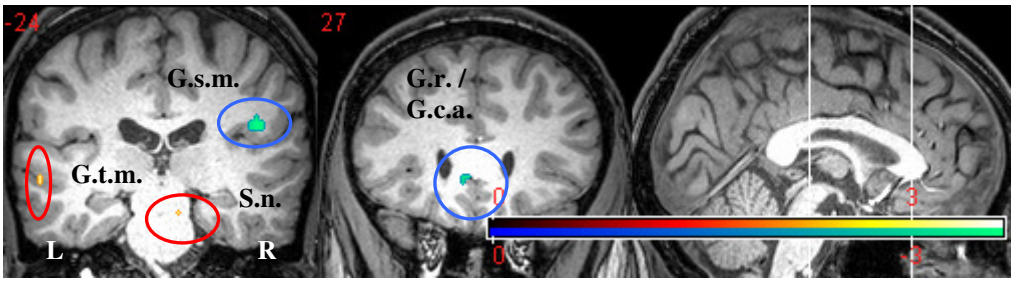


Abbildung 6-14: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert Aktivierungen im Kontrast
(A) „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Männer (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“
(C) „Männer (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“
(D) „Männer (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“

Wie weiter aus der Tabelle 6-75 und der Abbildung 6-14 hervorgeht, zeigte sich bei männlichen Wahrnehmenden im Kontrast „Frauen Angst > Frauen Sport“ ein kleines aktives Cluster im medialen Teil des Gyrus temporalis medius linksseitig (BA 22; k = 7). Trotz ihrer geringen Ausmaße sind die Aktivierungen im Mesenzephalon (BA -/35; k = 2) und in Nähe des anterioren Hippokampus (BA 36; k = 1) zu erwähnen. Im Gegenkontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“ zeigten sich rechtsseitige Aktivierungen im Gyrus supramarginalis (BA 48/2; k = 12) sowie linksseitige Aktivierungen im Gyrus rectus / Gyrus cingularis anterior (BA 11/25; k = 4). Diese Aktivierungen sind graphisch in der Abbildung 6-15 eingetragen.



(A)



(B)

Abbildung 6-15: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) bei männlichen Wahrnehmenden im Kontrast:
(A) **„Männer Angst > Männer Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb)
(B) **„Frauen Angst > Frauen Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Frauen Sport > Frauen Angst“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp
G.c.a: Gyrus cinguli anterior
G.fu.: Gyrus fusiformis
G.ph.: Gyrus parahippocampalis
G.r.: Gyrus rectus
G.s.m.: Gyurs supramarginalis
G.t.i.: Gyrus temporalis inferior
G.t.m.: Gyrus temporalis medius
S.n.: Substantia nigra
S.o.: Sulcus occipito-temproralis lateralis
w.S.: weiße Substanz
rote Zahlen: y-Koordinaten

Frauen als Wahrnehmende: ROI-Analyse

Wie aus der Tabelle 6-76 hervorgeht, rief die Wahrnehmung von Angst- und Sportschweiß weder im Falle männlicher noch weiblicher Spender differenzielle Aktivierungen in den ROI´s hervor.

Tabelle 6-76: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ bei Frauen als Wahrnehmende in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxelle-vel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
F_E: $M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F_E: $M_{S: S} > M_{S: A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F_E: $F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F_E: $F_{S: S} > F_{S: A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18

Frauen als Wahrnehmende: Gesamthirnanalyse

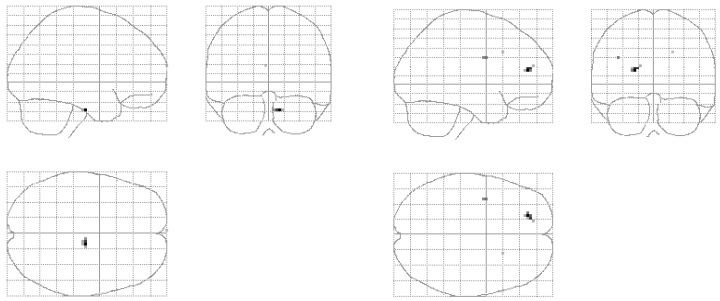
Die Ergebnisse der Gesamthirnanalyse für die Kontraste „Angst vs. Sport“ bei weiblichen Wahrnehmenden unter Berücksichtigung des Spendergeschlechts sind in der Tabelle 6-77 sowie in der Abbildung 6-16 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass bei der Darbietung von männlichem Reizmaterial im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“ ein lokales Maximum in der Pons rechtsseitig (BA -/35; k = 6) zu finden ist. Hingegen zeigten sich im Gegenkontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“ eine erwähnenswerte Aktivierung in der Nähe des Gyrus frontalis medius (BA 46; k = 9). Im Falle der Wahrnehmung von weiblichem Reizmaterial zeigte sich im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“ keine erwähnenswerte Aktivierung, im Gegenkontrast jedoch ein größeres lokales Maximum in der Nähe des Sulcus collatera-

lis/Hippokampus in der weißen Substanz (BA 37: k = 15). In der Abbildung 6-17 sind die hervorgehobenen Aktivierungen graphisch dargestellt.

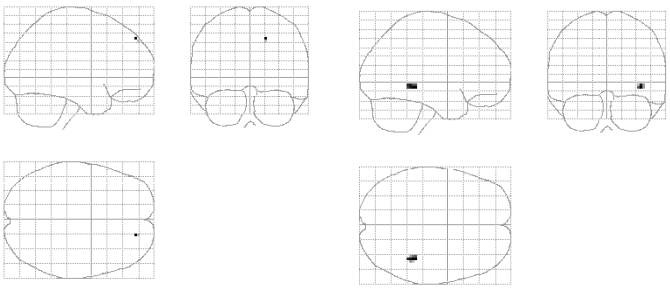
Tabelle 6-77: Ergebnisse Ganzhirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ bei Frauen als Wahrnehmende in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
F_E: $M_{S: A} > M_{S: S}$	**Frontallappen**									
	Gyrus frontalis superoir, medius	10	L	-3	72	18	1	3.25	0.001	0.998
	Pons									
	Pons	-/35	R	12	-15	-30	6	3.71	0.000	0.851
F_E: $M_{S: S} > M_{S: A}$	**Zentrale Region**									
	Gyrus precentralis	6	L	-39	0	30	2	3.38	0.001	0.988
	Frontallappen									
	Gyrus frontalis medius / w. S.	46	L	-21	45	15	9	3.70	0.000	0.865
	Gyrus frontalis superior	46	L	-15	51	21	1	3.22	0.001	0.998
	indifferent									
	w. S. / Gyrus cinguli medius / Gyrus frontalis superior	- / 32	R	21	18	36	1	3.18	0.001	0.999
F_E: $F_{S: A} > F_{S: S}$	**Frontallappen**									
	Gyrus frontalis superior	9	R	18	51	45	2	3.36	0.001	0.991
F_E: $F_{S: S} > F_{S: A}$	**Temporallappen**									
	w. S. / Sulcus collateralis / Hippokampus	37	R	39	-36	-6	15	3.76	0.000	0.816

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18

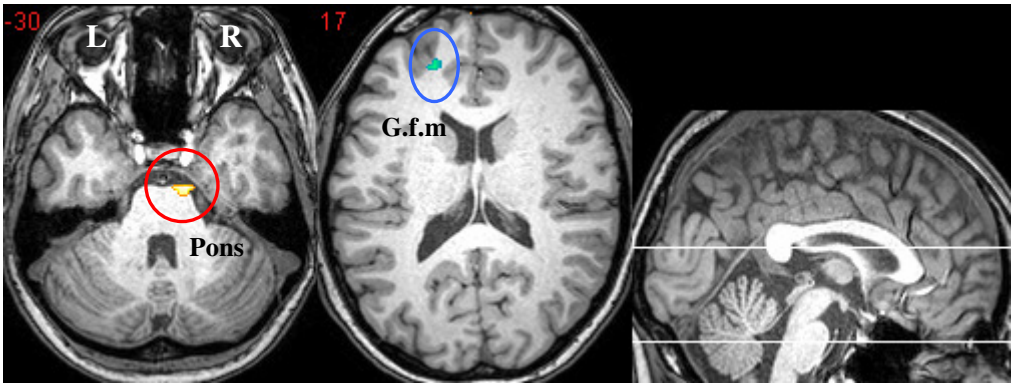


(A) **(B)**

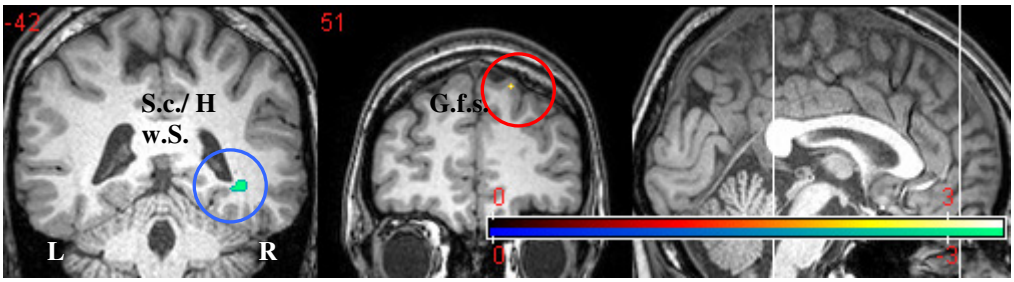


(C) **(D)**

Abbildung 6-16: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert
Aktivierungen im Kontrast
(A) „Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“
(C) „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“
(D) „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“



(A)



(B)

Abbildung 6-17: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) bei weiblichen Wahrnehmenden im Kontrast:
(A) **„Männer Angst > Männer Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) **„Frauen Sport > Frauen Angst“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten transversalen Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer weiblichen Vp; rote Zahlen: z-Koordinaten
(B) **„Frauen Angst > Frauen Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Frauen Sport > Frauen Angst“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten koronaren Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer weiblichen Vp; rote Zahlen: y-Koordinaten
G.f.m.: Gyrus frontalis medius
G.f.s.: Gyrus frontalis superior
Hippokampus
S.c.: Sulcus collateralis G.ph.: Gyrus parahippocampalis
G.s.m.: Gyurs supramarginalis
w.S.: weiße Substanz

6.2.5 Kontraste: „Körpergeruch vs. Watte“

Bei einer ersten Berechnung des Kontrasts „Watte > Körpergeruch“ zeigten sich ausgeprägte Aktivierungsmuster, welche sich über weite Bereiche des Hirns erstreckten. Die Aktivierungen waren so umfangreich, dass diese bei einer Gesamthirn-Darstellung auf dem geplanten α-Niveau von 0,1% (unkorrigiert) in tabellarischer Form nicht mehr darstellbar war. Hierbei wurden insgesamt 52 unterschiedlichen lokalen Maxima identifiziert, wobei das größte zusammenhängende Cluster aus 3868 gemeinsam aktiven Voxeln bestand. Die Abbildung 6-18 stellt das Ergebnis dieses Kontrasts graphisch dar. Im Gegenkontrast „Körpergeruch > Watte“ zeigten sich bei gleichem α-Niveau wesentlich weniger großflächige Aktivierungsmuster (s.u). Die möglichen Gründe dafür, warum die Kontrastbedingung gegenüber den Körpergerüchen eine vermehrte Aktivierungen bewirkt, werden unter Punkt 7.3 diskutiert.

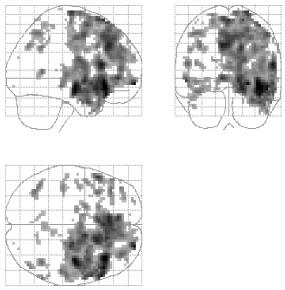


Abbildung 6-18 Aktivierungen im Kontrast „Watte > Körpergeruch“ als Glashirndarstellung, unkorrigiertes α-Niveau: p = 0,001

Weitere Berechnungen der Kontraste „Watte > Körpergerüche“ unter der Berücksichtigung des Spender-/ und oder Wahrnehmendengeschlecht zeigten noch stärker ausgeprägte Aktivierungsmuster (nicht dargestellt). Hieraus ergibt sich das Problem, dass „Watte“, nicht sinnvoll als Kontrastbedingung zu den menschlichen chemosensorischen Reizen eingesetzt werden kann. Aus diesem Grunde wird an dieser Stelle von einer Auswertung der Kontraste mit höherer Auflösung abgesehen, so dass die Vergleiche zwischen den menschlichen chemosensorischen Reizen und der Kontrastbedingung auf den Vergleich „Körpergerüche vs. Watte“ reduziert werden. Zur leichteren Interpretierbarkeit der Ergebnisse erfolgt die Darstellung des Kontrastes „Watte > Körpergeruch“ auf einem konservativeren Niveau: für die ROI-Analyse wird die Mindestvoxelgröße von $k \geq 1$ auf $k \geq 3$ heraufgesetzt; für die Gesamthirn-Analyse wird der Kontrast nicht wie geplant auf dem unkorrigierten α-Niveau von 0,1%, sondern auf dem korrigierten 5%-Niveau (nach FWE) berechnet. Die Darstellung des Kontrastes „Körpergeruch > Watte“ erfolgt wie geplant.

Tabelle 6-78: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten Körpergeruch vs. Watte

Vergleich	Areal	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				X	y	z				
K > W	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W > K*	Amygdala		R	30	3	-24	28	4.24	0.002	0.001
	Amygdala		R	18	3	-15	2	3.25	0.004	0.022
	BNST		R	12	9	-12	15	3.87	0.000	0.005
	Hippokampus		R	39	-12	-15	21	4.88	0.000	0.001
	Hippokampus		R	21	-27	-6	3	3.48	0.000	0.044
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK lateralis		R	36	27	-12	101	5.12	0.000	0.000
	OFK lateralis		R	48	24	-12		4.90	0.000	0.001
	OFK lateralis		R	21	21	-18	3	3.99	0.000	0.019
	OFK lateralis		L	-39	33	-15	5	3.96	0.000	0.021

$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df:189; t-krit: 3,13
*$k \geq 3$; p = 0,001 unkorrigiert; df:189; t-krit: 3,13

ROI-Analyse

In der Tabelle 6-78 und der Abbildung 6-19 ist das Ergebnis der ROI-Analyse für die Kontraste „Körpergeruch > Watte“ und „Watte > Körpergeruch“ eingetragen. Im Falle des Kontrasts „Körpergeruch > Watte“ zeigten sich keine signifikanten Aktivierungen. Hingegen wurden im Kontrast „Watte > Körpergeruch“ in nahezu allen ROI´s signifikante Aktivierungen nachgewiesen. Lediglich die Regionen des Hypothalamus zeigte in diesem Kontrast keine vermehrte Aktivität auf. Es fällt weiter auf, dass fast alle Aktivierungen im Kontrast „Watte > Körpergeruch“ der rechten Hemisphäre zuzuordnen sind. Nur im lateralen OFK zeigten sich bilaterale Aktivierungen, jedoch rechtsseitig stärker als linksseitig.

Gesamthirn-Analyse

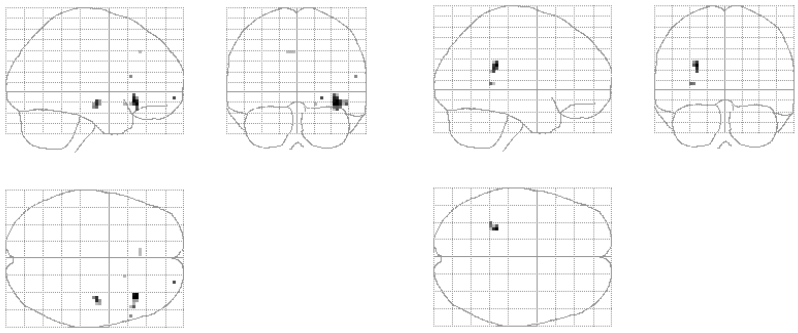
Die Aktivierungen, welche über das gesamte Hirn im Kontrast „Körpergeruch > Watte“ zu beobachten waren, sind in der Tabelle 6-79 eingetragen sowie der Abbildung 6-19 und Abbildung 6-20 zu entnehmen. Es ist dort zu erkennen, dass die einzigen beiden lokalen Maxima, welche in diesem Kontrast gefunden wurden, in der weißen Substanz im Parietal- bzw. im Temporallappen liegen. Im Kontrast „Watte > Körpergeruch“ (nach 5%-FWE α-Korrektur) finden sich vor allem rechtesseitige Frontalhirnaktivität (insbesondere im lateralen

OFC; BA 47; k = 25) sowie Aktivierungen in der weißen Substanz in der Nähe der Insula (BA 48; k = 12), welche hauptsächlich rechtsseitig lokalisiert ist.

Tabelle 6-79: Ergebnisse Gesamthirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten Körpergeruch vs. Watte

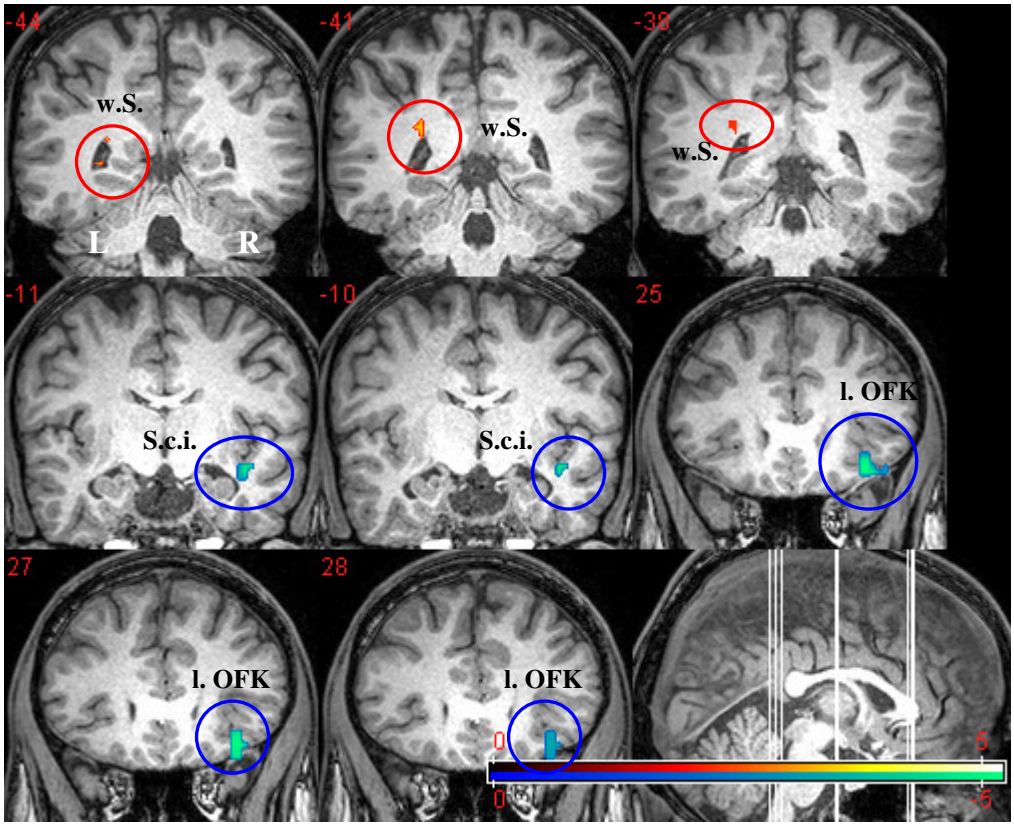
Vergleich	Areal	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
K > W	w.S. / **Temporallappen**	-/37	L	-33	-45	6	3	3,29	0,966	0,001
	w.S. / **Parietallappen**	-/48	L	-27	-39	24	11	3,46	0,872	0,000
W > K*	**Frontallappen**									
	OFC lateralis	47	R	36	27	-12	25	5.12	0.000	0.007
	OFC lateralis	38	R	48	24	-12		4.90	0.000	
	OFC superior	11	R	24	63	-6	1	4.94	0.000	0.564
	Gyrus frontalis inferior, pars opercularis	48	R	57	21	15	1	4.79	0.000	0.564
	Gyrus rectus (trigonum olfactorium)	11	R	18	15	-12	1	4.69	0.000	0.564
	Gyrus frontalis superior, pars medius	32	L	-6	30	39	3	4.67	0.000	0.304
	Temporallappen									
	w.S. / Sulcus circularis insulae	48	R	42	-12	-12	12	5.01	0.000	0.050

$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df: 189; t-krit: 3,13
*$k \geq 1$; p = 0,05 korrigiert; t-krit: 4,66

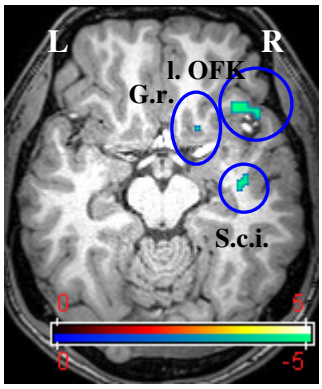


(A) **(B)**

Abbildung 6-19: Glashirndarstellungen der Aktivierungen
(A) „Watte > Körpergeruch“ als Glashirndarstellung α-Niveau: 5 %; FWE-korrigiert
(B) „Körpergeruch > Watte“ als Glashirndarstellung α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert



(A)



(B)

Abbildung 6-20: Aktivierungen im Kontrast „Männer (Wahrnehmende)“: **„Schweiß > Watte“** (p = 0,05 korrigiert; t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Watte > Schweiß“** (p = 0,001 unkorrigiert; t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählte Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp
(A) koronare Schichten
(B) transversale Schicht
l. OFK: lateraler orbitofrontaler Kortex
G.r.: Gyrus rectus
S.c.i.: Sulcus circularis insulae
rote Zahlen: y-Koordinaten

6.2.6 Zusammenfassung der Analyse der funktionellen Bilder

Die Zusammenfassung der ROI-Analysen der funktionellen Bilder ist in der Tabelle 6-60 dargestellt. Hier sind für jeden berechneten Kontrast die Ergebnisse der ROI-Analyse eingetragen. Zudem sind in der Tabelle solche Ergebnisse der Gesamthirnanalysen mit aufgenommen, welche Aktivierungen in unmittelbarer Nähe der ROI´s aufdeckten, jedoch außerhalb der ROI-Grenzen lagen.

Tabelle 6-80 : Ergebnisübersicht funktionelle Bilder

		ROI´s				
Effekte	Vergleiche	Amygdala	BNST	Hipp.	Hy-poth.	OFK
Körpergeruch	K > W	-	-	-	-	-
	W > K*	R [46]	R [22]	R [17]	-	ROI: R [101] / L [5] Gesamth.: R [25]
Reiz	A > S	-	-	-	-	-
	S > A	-	-	-	-	-
Reiz x Spender	M_S: A > S	-	-	-	-	-
	M_S: S > A	-	-	-	-	-
	F_S: A > S	-	-	ROI: (L) [2] Gesamth.: L [2]	-	-
	F_S: S > A	-	-	-	-	-
Reiz x Wahrnehmende	M_W: A > S	ROI: L [1] / R [1]	-	ROI: R [7] / L [1] Gesamth.: R [6] / ((L)) [13]	-	-
	M_W: S > A	-	-	-	-	-
	F_W A > S	-	-	-	-	-
	F_W: S > A	-	-	-	-	-
Reiz x Spender x Wahrnehmende	M_W: $M_{S:A}$ > $M_{S:S}$	-	-	ROI: (R) [1] Gesamth..: ((R)) [26]	-	-
	M_W: $M_{S:S}$ > $M_{S:A}$	-	-	-	-	-
	M_W: $F_{S:A}$ > $F_{S:S}$	-	-	Gesamth. : ((L)) [1]	-	-
	M_W: $F_{S:S}$ > $F_{S:A}$	-	-	-	-	-
	F_W: $M_{S:A}$ > $M_{S:S}$	-	-	-	-	-
	F_W: $M_{S:S}$ > $M_{S:A}$	-	-	-	-	-
	F_W: $F_{S:A}$ > $F_{S:S}$	-	-	-	-	-
	F_W: $F_{S:S}$ > $F_{S:A}$	-	-	Gesamth. : ((R)) [15]	-	-

Legende:

- : keine signifikant oder tendenziell signifikanten Voxel in der ROI oder in der Nähe

* : ROI α-Niveaus 5% FWE-korrigiert $k \geq 3$

ROI: Ergebnis der ROI-Analyse

Gesamth.: Ergebnis der Gesamthirn-Analyse

L: linksseitige signifikante Aktivierung in der ROI

(L) : linksseitige tendenziell signifikante Aktivierung in der ROI

((L)) linksseitige Aktivierung in der Nähe der ROI, Berechnung über Gesamthirn unkorrigiert 0,1% $k \geq 1$

[1]: Anzahl der aktiven Voxel

ROI-Analysen

Wie aus der Tabelle 6-80 hervorgeht, ließen sich zunächst keine Effekte in den ROI´s bei der Kontrastierung der Aktivierungen beobachten, welche durch die Wahrnehmung des Angst- und des Sportschweißes hervorgerufen wurden – sofern die Aktivierungen nicht nach dem Spender- und dem Wahrnehmendengeschlecht getrennt berechnet wurden. Hingegen ließen sich nach einer Trennung des Reizmaterials hinsichtlich des Spendergeschlechts für die

Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber Sportschweiß weiblicher Spender im linken anterioren Hippokampus schwächere Mehraktivierungen beobachten.

Männliche Vpn zeigten bei der Wahrnehmung des Angstschweißes im Vergleich zur Wahrnehmung des Sportschweißes bilateral schwache Amygdala-, jedoch deutlichere Hippokampus-Aktivität. Dabei wurden die Amygdala-Aktivitäten jeweils zu Clustern gezählt, welche ihren Ursprung in den angrenzenden Hippokampi finden. Eine weitere Auflösung dieser Effekte entlang des Spendergeschlechts ergab, dass Männer bei der Wahrnehmung von männlichem Angstschweiß im Vergleich zum Sportschweiß männlicher Spender tendenziell mehr Aktivität im Hippokampus rechtsseitig aufwiesen. Im Falle der Wahrnehmung weiblichen Spendematerials bewirkte der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß bei männlichen Empfängern eine Aktivierung, welche in der Nähe des linken anterioren Hippokampus lokalisiert wurde, jedoch nicht in der ROI des Hippokampus lag.

Bei weiblichen Wahrnehmenden wurde nur eine größere Aktivierung im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“ in der Nähe des Hippokampus/Sulcus collateralis mit Maximum in der Weißen Substanz gefunden.

Wie aus weiter der Tabelle 6-80 hervorgeht, wurden im Kontrast „Watte > Körpergerüche“ in der ROI-Analyse in der Amygdala (rechtsseitig), im BNST (rechtsseitig), im Hippokampus (rechtsseitig) und im lateralen OFK (bilateral) vermehrte Aktivierungen beobachtet. Im Gegenkontrast konnten weder durch die ROI- noch durch die Gesamthirn-Analyse Aktivität in den ROI´s oder angrenzenden Gebieten gefunden werden.

Gesamthirnanalysen

Betrachtet man die Ergebnisse der Gesamthirn-Analyse, so lässt sich zunächst feststellen, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß über das gesamte Hirn betrachtet zu deutlicheren Aktivierungen führt (vgl. Anzahl der lokalen Maxima, zugehörige t-Werte; Tabelle 6-69). Bei einer Auflösung dieser Effekte nach dem Wahrnehmendengeschlecht setzt sich diese Beobachtung für männliche Wahrnehmende, jedoch nicht für weibliche Wahrnehmende fort. Eine Trennung der Aktivierungen hinsichtlich des Wahrnehmendengeschlechts machte darüber hinaus deutlich, dass die Aktivierungen, welche für Männer und Frauen gemeinsam beobachtet wurden, nunmehr bei Männern noch weiter an Umfang gewannen, bei Frauen traten hingegen hiervon abweichende, jedoch insgesamt schwächere Aktivierungsmuster auf. Es wurde weiter deutlich, dass die am deutlichten ausgeprägten Aktivierungen unter der Berücksichtigung des Wahrnehmenden- und Spendergeschlechts – also in der höch-

sten Auflösungsstufe – beobachtet wurden. Während Männer die umfangreichsten Aktivierungen im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“ im Gyrus supramarginalis (BA 48, k = 191) aufwiesen, so ließen sich bei weiblichen Wahrnehmenden die umfangreichsten Aktivierungen im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“ in der Nähe des Hippokampus (BA 37, k = 15) finden.

In der Gesamthirn-Analyse fiel weiterhin die Aktivität im Mesenzephalon im Bereich der Substantia nigra auf. Diese deutliche Aktivierung im Vergleich „Angst > Sport“ (BA 35/-, k = 49) blieb nach der Trennung der Stichprobe entlang des Wahrnehmendengeschlechts für Männer bestehen [Kontraste „Männer (Wahrnehmende): Angst > Sport“; Ba 35/-, k = 39]. Bei weiblichen Wahrnehmenden ließ sie sich jedoch nicht mehr beobachten [Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Angst > Sport“; k = 0]. Löste man die Kontraste weiter nach dem Spendergeschlecht auf, so zeigte sich die mesenzephale Aktivität bei Männern nur noch bei der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes [(Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“ (BA 35/-, k = 2); Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“ k = 0]. Bei weiblichen Wahrnehmenden tauchte eine Aktivierung in der Pons auf, jedoch nur bei der Wahrnehmung des männlichen chemosensorischen Angstschweißes [(Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“ (k = 0); Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“; BA 35, k = 6]. Weiter fiel die Aktivität des Gyrus fusiformis auf. Diese Aktivität war im Kontrast „Angst > Sport“ (BA 37, k = 15) zu beobachten und gewann nach einer Differenzierung zwischen männlichen und weiblichen Wahrnehmenden bei Männern deutlich an Umfang [Kontrast Männer (Wahrnehmende): Angst > Sport, BA 20/37, k = 37]. Nach einer weiteren Differenzierung der Aktivierungsmuster nach dem Spendergeschlecht ließ sich die fusiforme Aktivierung bei Männern während der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes erneut in relativ großem Umfang wieder beobachten [Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“; (BA 37, k = 14)]. Weiterhin sind Aktivierungen im thalamischen Pulvinar [im Kontrast „Männer Angst > Männer Sport“] sowie im Gyrus supramarginalis [in den Kontrasten „Männer (Wahrnehmende): Angst > Sport“ BA 48, k = 2; „Männer Angst > Männer Sport“ BA 2, k = 24; „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“ BA 48, k = 191] hervorgehoben.

6.3 Explorative Datenanalysen

6.3.1 Signaldetektion in den ROI´s mit liberalem Signifikanzniveau

In der Hauptanalyse ließen sich bei den Kontrastierungen „Angst vs. Sport“ in den ROI´s nur wenige und z.T. sehr schwache Aktivierungen beobachten. In den meisten Vergleichen blieben nachgewiesenen Mehraktivierungen in den ROI´s aus. Auf eine Berechnung der Kontraste „Angstschweiß vs. Watte“ sowie „Sportschweiß vs. Watte“ wurde aufgrund der unerwarteten Mehraktivierungen durch „Watte“ im Vergleich zu den Körpergerüchen verzichtet.

An dieser Stelle soll auf explorativer Ebene überprüft werden, ob die Schweißproben aus der Angst- und der Sportbedingung in den ROI´s tatsächlich kaum unterschiedlichen Aktivierungen hervorrufen oder ob mögliche Effekte der Kontraste „Angst vs. Sport“ nur aufgrund einer geringen Teststärke nicht beobachtet werden konnten. Hierzu sollen die unter Punkt 5.9.2.2 apriori festgelegten Kontraste erneut mit Hilfe von ROI-Analysen unter Anwendung eines Signifikanzniveaus von $\alpha = 5\%$ unkorrigiert berechnet werden. Zur graphischen Veranschaulichung der Ergebnisse der ROI-Analysen wurden Gesamthirn-Analysen derselben Kontraste auf demselben Signifikanz-Niveau berechnet, deren zugehörige Ergebnisstabellen sich im Anhang (Ergebnisse Hauptversuch) als SPM-Outputs befinden.

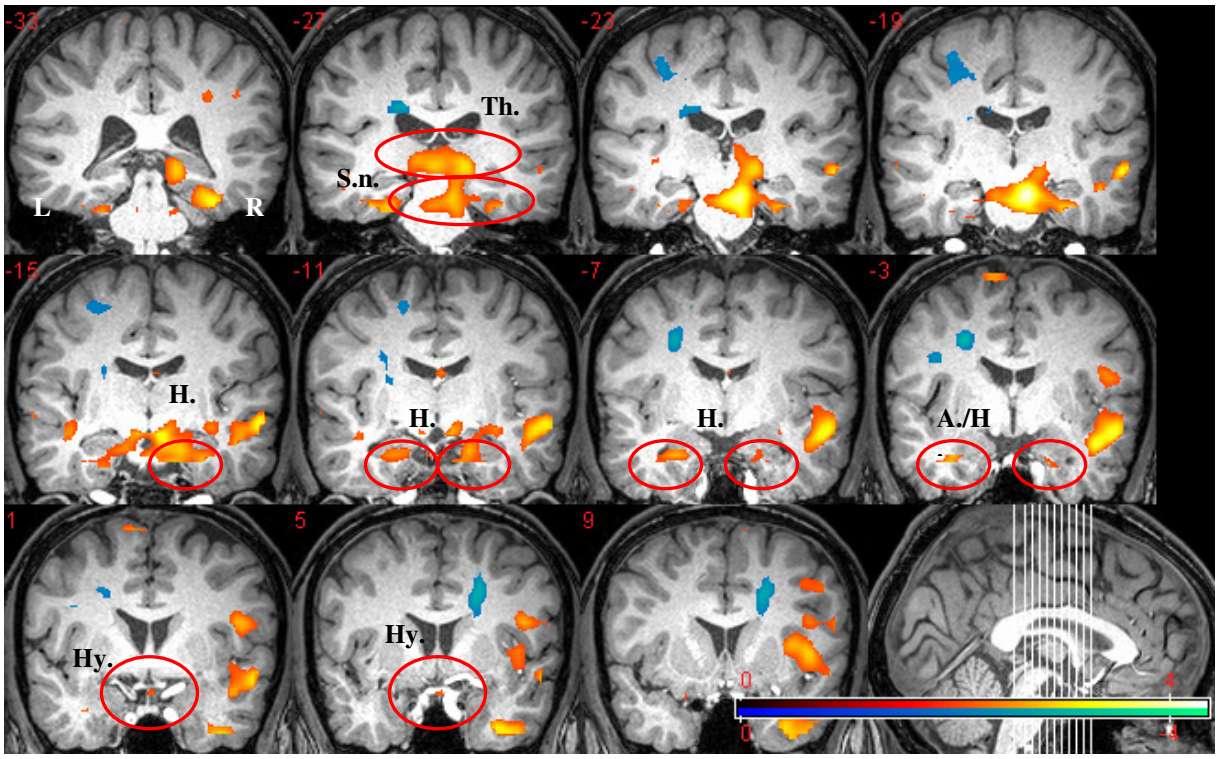
Wie aus der Tabelle 6-81 hervorgeht, wurden unter Anwendung des liberalen Signifikanzniveaus im Kontrast „Angst > Sport“ bis auf den BNST in allen ROI´s Aktivierungen aufgedeckt. Die deutlichsten Aktivierungen traten dabei im Hippokampus auf, wobei sich die rechtsseitige hippokampale Aktivität vom anterioren bis zum posterioren Bereich erstreckt, die linksseitige Aktivität hingegen auf den anterioren Bereich des Hippokampus begrenzt ist. Rechts- und linksseitig erstrecken sich die hippokampalen Aktivierungen bis weit in die Amygdala hinein. Weiter fällt in diesem Kontrast das umfangreiche Cluster im rechtsseitigen lateralen OFK auf. Die Aktivierungen im Hypothalamus sind dem ventromedialen Bereich zuzuordnen. Im Gegenkontrast „Sport > Angst“ zeigte sich nach der Anwendung eines liberaleren Kriteriums als einziger Effekt eine kleinere Aktivierung im Bereich des lateralen OFK linkslateral.

In der Abbildung 6-21 sind die während der Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß vermehrten Aktivierungen im Hippokampus, in der Amygdala und im ventromedialen Bereichs des Hypothalamus zuerkennen. Es fällt auf, dass die Hippokampus-Aktivierungen sich vom posterioren Teil der Amygdala bis zur Substantia nigra erstrecken.

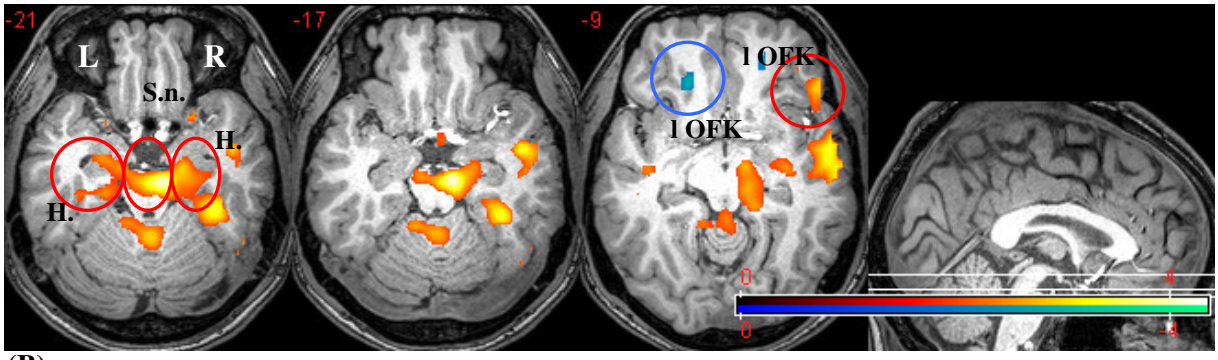
Tabelle 6-81 : Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ über Männer und Frauen zusammen mit liberalem Kriterium (α-Niveau 5% unkorrigiert)

Vergleich	Areal Voxellevel	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
A > S	Amygdala	R	30	-9	-12	6	2.25	0.013	0.222
	Amygdala	L	-30	-3	-27	5	2.25	0.013	0.225
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	R	18	-15	-21	114	2.96	0.002	0.169
	Hippokampus	R	33	-12	-12		2.40	0.009	0.478
	Hippokampus	R	30	-12	-27		2.11	0.018	0.670
	Hippokampus	R	18	-30	-3	16	2.87	0.002	0.209
	Hippokampus	R	18	-24	-9		2.23	0.013	0.591
	Hippokampus	L	-27	-6	-24	49	2.81	0.003	0.234
	Hippokampus	L	-18	-12	-21		2.52	0.006	0.396
	Hippokampus	L	-15	-27	-9	7	1.98	0.024	0.742
	Hippokampus	R	27	-42	0	1	1.66	0.048	0.881
	Hypothlamus	R	3	3	-18	18	2.28	0.012	0.150
	OFK (lateral)	R	51	33	-9	124	3.01	0.280	0.001
	OFK (lateral)	R	45	42	-3		2.99	0.295	0.002
	OFK (lateral)	R	36	33	-3		2.25	0.798	0.013
S > A	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	L	-21	33	-9	8	3.04	0.001	0.261

$k \geq 1$; $p = 0{,}05$ unkorrigiert; df: 189; t-krit: 1,65



(A)



(B)

Abbildung 6-21: Aktivierungen (p = 0,5 unkorrigiert) über alle Wahrnehmenden in den Kontrasten
„Angst > Sport“ (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und
„Sport > Angst“ (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten
(A) koronaren Schichten (rote Zahlen: y-Koordinaten)
(B) transversalen Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp (rote Zahlen: z-Koordinaten)
A.: Amygdala
H.: Hippokampus
Hy.: Hypothalamus
l. OFK.: lateraler Orbitofrontaler Kortex
Th.: Thalamus

Tabelle 6-82: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ für männliche Wahrnehmende mit liberalem Kriterium (α-Niveau 5% unkorrigiert)

Vergleich	Areal Voxellevel	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
M_W: A > S	Amygdala	R	30	-9	-12	10	3.29	0.001	0.023
	Amygdala	L	-30	-3	-27	13	3.29	0.001	0.023
	Amygdala	R	24	0	-24	19	2.43	0.009	0.169
	Amygdala	R	33	0	-30		2.13	0.018	0.281
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	R	18	-12	-21	109	3.75	0.000	0.026
	Hippokampus	R	30	-9	-12		3.29	0.001	0.088
	Hippokampus	R	27	-18	-21		2.50	0.007	0.430
	Hippokampus	L	-30	-3	-27	54	3.29	0.001	0.088
	Hippokampus	R	36	-27	-6	18	3.07	0.001	0.148
	Hippokampus	R	33	-36	-9		1.97	0.026	0.756
	Hippokampus	R	18	-30	-3	27	2.69	0.004	0.319
	Hippokampus	R	27	-42	0		2.27	0.013	0.579
	Hippokampus	R	24	-36	9		1.93	0.028	0.777
	Hypothalamus	-	0	3	-18	9	2.13	0.018	0.200
	OFK (lateral)	R	45	42	-6	146	3.08	0.001	0.269
	OFK (lateral)	R	51	30	-6		2.87	0.003	0.396
	OFK (lateral)	R	45	30	-12		2.67	0.004	0.533
	OFK (lateral)	R	21	15	-21	16	2.50	0.007	0.654
	OFK (lateral)	R	27	15	-27		2.04	0.022	0.896
	OFK (lateral)	R	27	24	-24		2.03	0.022	0.901
	OFK (lateral)	L	-21	9	-21	2	2.04	0.022	0.899
M_W: S > A	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	L	-21	33	-9	5	3.08	0.001	0.267
	OFK (lateral)	R	15	63	-9	9	2.06	0.021	0.890

$k \geq 1$; $p = 0{,}05$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 1,66

Das Ergebnis der ROI-Analyse für die Kontraste „Angst vs. Sport“ für männliche Wahrnehmende ist in Tabelle 6-82 eingetragen. Es ist hier sowie in der Abbildung 6-22 zu erkennen, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß zu bilateraler Amygdala-Aktivität sowie zu rechtsseitig dominierten Aktivitäten im Hippokampus, im rechten lateralen OFK und im ventromedialen Hypothalamus geführt hat. Im Gegenkontrast zeigten sich einzig kleinere, bilaterale Aktivitäten im lateralen OFK.

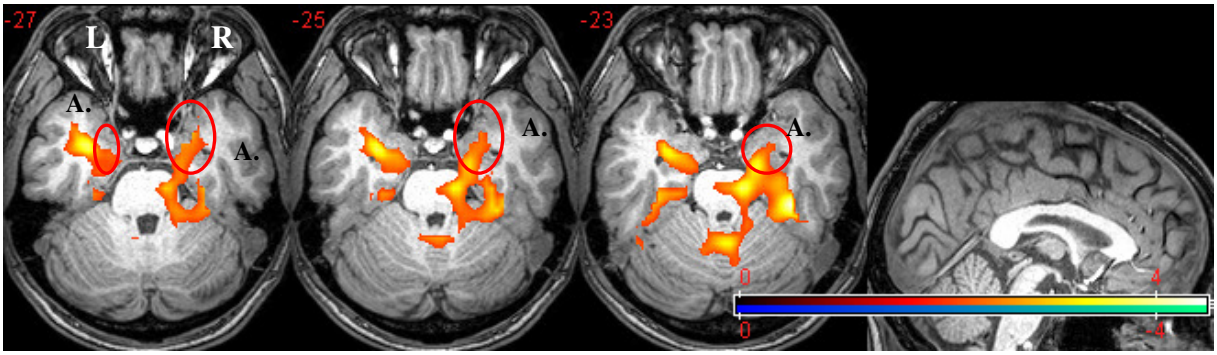


Abbildung 6-22: Aktivierungen (p = 0,5 unkorrigiert) bei männlichen Wahrnehmenden in den Kontrasten **„Angst > Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Sport > Angst“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten transversalen Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp (rote Zahlen: z-Koordinaten)
A.: Amygdala

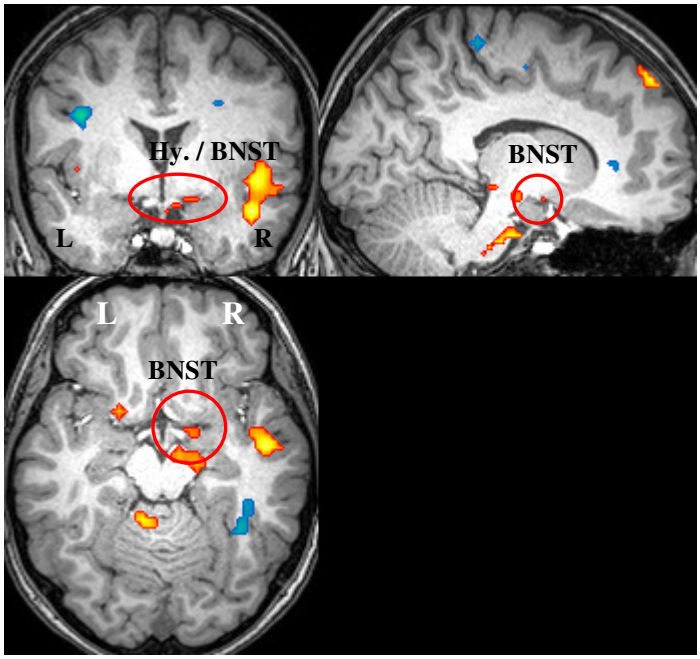


Abbildung 6-23: Aktivierungen (p = 0,5 unkorrigiert) bei weiblichen Wahrnehmenden in den Kontrasten **„Angst > Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Sport > Angst“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) der BNST-Aktivierung in koronarer, sagittaler und transversaler Schicht eines normalisierten T1-Bildes einer weiblichen Vp
Hy.: Hypothalamus

Wie der Tabelle 6-83 zu entnehmen ist, zeigten weibliche Vpn sowohl bei der Wahrnehmung des Angstschweißes als auch des Sportschweißes rechtsseitige Aktivierungen im Hippokampus. Im Kontrast „Angst > Sport“ zeigten sich zudem vermehrte Aktivierungen im rechten lateralen OFK sowie im Bereich des ventromedialen Hypothalamus und im BNST, wie auch in der Abbildung 6-23 graphisch dargestellt ist.

Die Tabelle 6-84 zeigt das Ergebnis einer weiteren Aufteilung der Aktivierungsmuster hinsichtlich des Spendergeschlechts. Es zeigte sich hier, dass Männer bei der Wahrnehmung der männlicher chemosensorischer Reize im Kontrast „Angst > Sport“ umfangreiche Aktivierungen im gesamten rechten Hippokampus, deutliche Aktivierungen im rechten lateralen OFK sowie kleinere Aktivierungen in der Amygdala bilateral und im Hypothalamus aufwiesen. Hingegen ließen sich im Gegenkontrast nur kleinere Aktivitäten im lateralen OFK linksseitig finden. Die Wahrnehmung weiblicher chemosensorischer Reize führte bei Männern im Kontrast „Angst > Sport“ zu linksdominanter Aktivität in der Amygdala, im anterioren Hippokampus und im lateralen OFK. Zudem zeigte sich ein aktives Voxel im linken BNST. Im Gegenkontrast ließ sich einzig nur eine schwache Aktivität im medialen OFK aufdecken.

Tabelle 6-83: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ für weibliche Wahrnehmende mit liberalem Kriterium (α-Niveau 5% unkorrigiert)

Vergleich	Areal Voxellevel	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
F_W: A > S	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST (Cluster zu Hypothal.)	R	12	0	-12		1.68	0.047	0.368
	Hippokampus	R	36	-15	-24	1	1.95	0.027	0.792
	Hippokampus	R	18	-24	-9	1	1.85	0.033	0.836
	Hippokampus	R	30	-12	-27	2	1.76	0.040	0.868
	Hippokampus	R	18	-15	-15	3	1.76	0.040	0.869
	Hippokampus	R	18	-3	-12	1	1.70	0.045	0.889
	Hypothalamus	R	3	-3	-15	7	1.89	0.031	0.295
	OFK (lateral)	R	54	21	-6	10	2.25	0.013	0.835
F_W: S > A	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	R	39	-33	-6	10	3.02	0.002	0.178
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	L	-24	27	-9	2	1.77	0.039	0.970

$k \geq 1$; $p = 0{,}05$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 1,66

Wie aus Tabelle 6-85 zu entnehmen ist, rief der männliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender bei Frauen vermehrte Aktivierungen im ventromedialen Hypothalamus und im anterioren OFK hervor. Im Gegenkontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“ zeigten sich schwächere Aktivierungen im linken Hippokampus und im rechten lateralen OFK. Im Falle der Wahrnehmung weiblicher Chemosignale ließen sich bei Frauen im Kontrast „Angst > Sport“ größere Aktivierungen im linken posterioren

Tabelle 6-84: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ für männliche Wahrnehmende in Abhängigkeit des Spendergeschlechts mit liberalem Kriterium (α-Niveau 5% unkorrigiert)

Vergleich	Areal Voxellevel	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
M_W: $M_{S:A} > M_{S:S}$	Amygdala	R	30	-9	-12	4	2.30	0.012	0.213
	Amygdala	L	-30	0	-27	2	2.24	0.014	0.236
	Amygdala	R	33	0	-30	7	2.23	0.014	0.239
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	R	36	-27	-6	99	3.55	0.000	0.044
	Hippokampus	R	18	-30	-3		2.94	0.002	0.194
	Hippokampus	R	27	-42	0		2.87	0.003	0.227
	Hippokampus	R	21	-9	-27	48	2.84	0.003	0.239
	Hippokampus	R	27	-3	-27		2.21	0.015	0.616
	Hippokampus	R	30	-18	-21		1.89	0.031	0.796
	Hippokampus	L	-30	-3	-27	1	2.03	0.023	0.726
	Hippokampus	L	-12	-36	0	1	1.75	0.041	0.853
	Hypothalamus		0	6	-18	3	1.85	0.032	0.735
	OFK (lateral)	R	45	42	-6	109	2.61	0.005	0.581
	OFK (lateral)	R	51	30	-6		2.54	0.006	0.625
	OFK (lateral)	R	45	21	-15		2.42	0.009	0.706
	OFK (lateral)	R	24	36	-9	1	1.75	0.041	0.963
M_W: $M_{S:S} > M_{S:A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	L	-21	33	-9	10	2.41	0.009	0.716
	OFK (lateral)	L	-33	39	-3	7	1.94	0.028	0.927
	OFK (lateral)	L	-51	42	-3	2	1.78	0.038	0.958
M_W:$F_{S:A} > F_{S:S}$	Amygdala	L	-30	-3	-21	15	2.50	0.007	0.147
	Amygdala	L	-21	-3	-24		2.32	0.011	0.206
	Amygdala	R	30	-9	-12	3	1.97	0.026	0.354
	BNST	L	-6	-3	-12	1	1.78	0.038	0.314
	Hippokampus	L	-21	-9	-24	62	3.04	0.002	0.158
	Hippokampus	R	15	-15	-21	18	2.45	0.008	0.458
	Hippokampus	R	30	-9	-12	3	1.97	0.026	0.757
	Hippokampus	L	-24	-36	9	2	1.92	0.029	0.782
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	L	-45	39	-9	15	2.32	0.011	0.772
	OFK (lateral)	R	42	42	-12	4	1.91	0.029	0.933
M_W: $F_{S:S} > F_{S:A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (medial)	R	9	57	-12	3	1.73	0.043	0.966

$k \geq 1$; $p = 0{,}05$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 1,66

und rechten anterioren Hippokampus sowie im rechten lateralen OFK beobachten. Zudem zeigte sich eine kleinere Aktivität im medialen OFK. Im Gegenkontrast ließ sich eine größere Aktivität im rechten posterioren Hippokampus sowie eine kleinere Aktivität im linken lateralen OFK finden.

Tabelle 6-85: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst vs. Sport“ für weibliche Wahrnehmende in Abhängigkeit des Spendergeschlechts mit liberalem Kriterium (α-Niveau 5% unkorrigiert)

Vergleich	Areal Voxellevel	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
F_W: $M_{S:A} > M_{S:S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothalamus	R	6	-3	-15	25	2.68	0.004	0.220
	OFK anterior	L	-3	69	-3	36	2.40	0.009	0.757
F_W: $M_{S:S} > M_{S:A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	L	-30	-18	-18	7	1.89	0.031	0.820
	Hippokampus	L	-36	-27	-15	2	1.88	0.031	0.821
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	R	39	21	-18	5	2.16	0.015	0.863
F_W: $F_{S:A} > F_{S:S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	L	-21	-27	-6	51	2.41	0.009	0.515
	Hippokampus	L	-24	-18	-18		2.36	0.010	0.548
	Hippokampus	R	39	-18	-21	6	2.28	0.012	0.604
	Hippokampus	R	30	-12	-27		1.70	0.046	0.889
	Hippokampus	R	18	-15	-15	14	2.10	0.019	0.712
	Hippokampus	L	-24	3	-15	1	1.69	0.047	0.892
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	R	54	21	-6	37	3.12	0.001	0.270
	OFK (lateral)	R	51	30	-12		2.62	0.005	0.605
	OFK (lateral)	L	-15	63	-3	1	1.70	0.045	0.977
	OFK (medial)	L	-12	60	-9	2	1.69	0.046	0.978
F_W: $F_{S:S} > F_{S:A}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	R	36	-36	-6	18	3.49	0.001	0.058
	Hypothalamus	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK (lateral)	L	-39	42	-3	2	1.88	0.031	0.953

$k \geq 1$; $p = 0{,}05$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 1,66

6.3.2 Soziale Ängstlichkeit

Wie unter Punkt 5.9.2.2 beschrieben, soll eine erneute Berechnung der funktionellen Bilder unter dem Gesichtspunkt der Sozialen Ängstlichkeit erfolgen. Hierzu werden die Vpn entlang des SIAS über einen Median-Split in zwei Gruppen („SIAS-hochscorende“ und „SIAS-niedrigscorende“) eingeteilt. Wie sich aus Tabelle 10-2 und Tabelle 10-3 im Anhang (Hauptversuch) erschließt, liegt der Median des SIAS bei 10. Weiter ist aus diesen Tabellen zu entnehmen, dass drei Vpn (ein Mann, zwei Frauen) einen SIAS von genau 10 aufwiesen. Diese Vpn wurden von einer erneuten Auswertung ausgeschlossen, so dass bei einer Gesamtstichprobengröße von nunmehr 25 (13 Männer, 12 Frauen) der Gruppe der „SIAS-niedrigscorenden“ 13 (sieben Männer, sechs Frauen) und der Gruppe der „SIAS-hochscorenden“ 12 (sechs Männer, sechs Frauen) Vpn zugeordnet wurden.

Die Tabelle 6-86 stellt das Ergebnis eines Gruppenvergleichs ausgewählter Variablen mittels univariater Varianzanalyse [mit den Faktoren „Wahrnehmendengeschlecht“ (männlich, weiblich) und der „SIAS-Gruppenzugehörigkeit“ („SIAS-hochscorend“, „SIAS-niedrigscorend“)] dar. Es ist zu erkennen, dass sich die Gruppen nicht im Alter und im Rauchverhalten, jedoch hinsichtlich des SIAS-Scores unterschieden [Haupteffekte (SIAS): $F(1, 21) = 83{,}22$; $p < 0{,}001$].

Tabelle 6-86: Ergebnis VA Gruppenvergleiche ausgewählter Variablen nach SIAS-Median-Split

Variable		Quelle	QS	df	MS	F	p
SIAS	Haupteffekt	Wahrnehmende	1,08	1	1,08	0,18	0,674
	Haupteffekt	SIAS	494,71	1	494,71	83,22	**< 0,001**
	Interaktion	Wahrnehmende x SIAS	5,23	1	5,23	0,88	0,359
	Fehler		124,83	21	5,94		
Alter	Haupteffekt	Wahrnehmende	4,57	1	4,57	0,51	0,484
	Haupteffekt	SIAS	8,82	1	8,82	0,98	0,334
	Interaktion	Wahrnehmende x SIAS	6,52	1	6,52	0,72	0,404
	Fehler		189,10	21	9,00		
Rauchen	Haupteffekt	Wahrnehmende	0,17	1	0,17	1,09	0,309
	Haupteffekt	SIAS	0,17	1	0,17	1,09	0,309
	Interaktion	Wahrnehmende x SIAS	0,17	1	0,17	1,09	0,309
	Fehler		3,33	21	0,16		

6.3.2.1 Statistische Auswertung

Die Auswertung der funktionellen Bilder erfolgte für „SIAS-hochscorende“ und „Sias-niedrigscorende“ nach dem Wahrnehmenden- und Spendergeschlecht getrennt. Aufgrund der geringen Stichprobengröße (N = 6 bzw.7) wurde für jede Stichprobe ein eigenes First-Level-Design aufgesetzt (die Parameter zur Modellbildung sind dieselben, welche bereits unter Punkt 4.1.9.2 und 5.9.2.1 angewendet und beschrieben wurden). Die Tabelle 6-87 bietet eine Übersicht über die vier einzelnen Designs. Die Analysen erfolgten über die Berechnungen der

Kontraste „Frauenspender: Angst > Sport“ und „Männerspender: Angst > Sport“. Diese Auswahl der Kontraste entspricht den „Kern-Kontrasten“ dieser Arbeit; die zugehörigen Gegenkontraste „Frauenspender: Sport > Angst“ und Männerspender: Sport > Angst“ zeigten in der Hauptanalyse keine aussagekräftigen Aktivierungen in den ROI´s oder deren Umgebung und werden deshalb an dieser Stelle nicht berücksichtigt. Zunächst wurden die Kontraste mit einer ROI-Analyse und anschließend mit einer Gesamthirn-Analyse berechnet. Der Schwerpunkt dieser Gesamthirn-Analyse lag darauf zu überprüfen, ob in den ROI´s oder in angrenzenden Gebieten Aktivierungen auftraten. Die Vergleiche der Aktivierungsmuster zwischen den Gruppen erfolgen auf deskriptiver Ebene.

Tabelle 6-87: Übersicht über die First-Level-Designs der explorativen Datenanalyse entlang des SIAS-Median-Splits

		Wahrnehmendengeschlecht	
		Männer	Frauen
SIAS-Score	hoch (> Median)	N = 6	N = 6
	niedrig (< Median)	N = 7	N = 6

6.3.2.2 Ergebnisse

6.3.2.2.1 „SIAS-niedrigscorende“ Vpn

Zunächst werden die Ergebnisse der „SIAS-niedrigscorenden“ männlichen Wahrnehmenden anschließend die der „SIAS-niedrigscorenden“ weiblichen Wahrnehmenden beschrieben.

Männer als Wahrnehmende

Die Tabelle 6-88 zeigt, dass sich nach einer Auflösung der Aktivierungsmuster entlang des Wahrnehmendengeschlechts für „SIAS-niedrigscorende“ männliche Vpn in den ROI´s keine Aktivierungen nachweisen lassen. Jedoch ließ sich in der Gesamthirn-Analyse feststellen, dass die Kontrast „Männer Angst > Männer Sport“ eine Aktivierung in der Nähe des rechten posterioren Hippokampus hervorrief (BA 48/20; k = 8; siehe Tabelle 6-89), dessen lokales Maximum jedoch in der weißen Substanz lag (siehe Abbildung 6-25). Im Falle der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender zeigten sich für männliche Wahrnehmende keine differenziellen Aktivierungen, wie der Tabelle 6-89 zu entnehmen ist.

Tabelle 6-88: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten Angst > Sport bei "SIAS-niedrigscorenden" männlichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

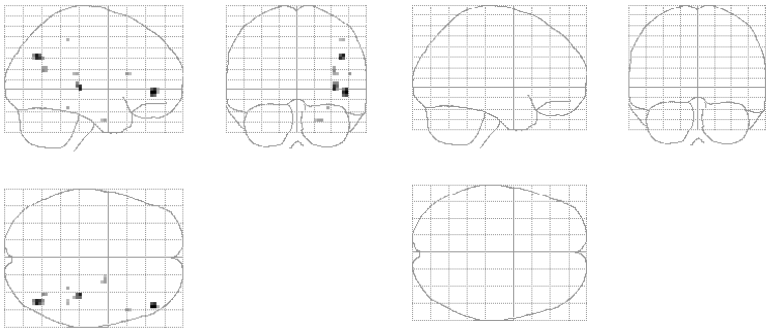
Vergleich	Areal Voxellevel	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
			x	y	z				
M_W: $M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 4760; t-krit: 3,09

Tabelle 6-89: Ergebnisse Ganzhirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten Angst > Sport bei "SIAS-niedrigscorenden" männlichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_W: $M_{S: A} > M_{S: S}$	**Frontallappen**									
	Gyrus frontalis inferior, pars triangularis	47	R	48	42	-3	14	3.61	0.000	0.755
	Gyrus frontalis, pars opercularis	48	R	51	18	15	2	3.20	0.001	0.989
	Temporallappen									
	Gyrus angularis	39	R	45	-69	33	13	3.53	0.000	0.838
	w.S. / Gyrus temporalis medius	37 / 39	R	36	-63	18	4	3.25	0.001	0.982
	Gyrus parahippocampalis / entorhinalis	35	R	24	-3	-30	4	3.18	0.001	0.992
	Heschl´s Gyrus	48	R	36	-30	15	2	3.15	0.001	0.994
	Gyrus fusiformis	37	R	30	-39	-18	1	3.16	0.001	0.994
	Parietallappen									
	Gyrus parietalis inferior	40	R	45	-39	48	2	3.13	0.001	0.996
	indifferent									
	w.S. / Hippokampus (posterior)	48 / 20	R	36	-27	0	8	3.52	0.000	0.847
M_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 4760; t-krit: 3,09



(A) **(B)**

Abbildung 6-24: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert Aktivierungen im Kontrast „Männer (Wahrnehmende) SIAS niedrig-scorende“:
(A) Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Frauen Angst > Frauen Sport“

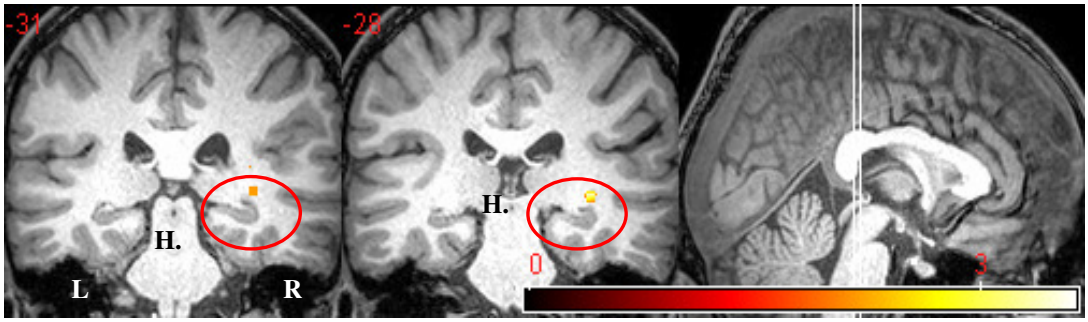


Abbildung 6-25: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) bei männlichen Wahrnehmenden in dem Kontrast **„Männer Angst > Männer Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten koronaren Schichten eines normalisierten T1-Bildes einer männlichen Vp (rote Zahlen: y-Koordinaten)
H.: Hippokampus

Frauen als Wahrnehmende

Wie aus der Tabelle 6-90 und Tabelle 6-91 hervorgeht, zeigten sich bei weiblichen Vpn, welche einen SIAS-Wert unterhalb des Medians erreichten, in keinem Kontrast Aktivierungen in einer ROI. Bei der Gesamthirn-Analyse (siehe Tabelle 6-91 und Abbildung 6-26) fielen die größeren Aktivierungen im Frontalkortex auf: Die Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes rief gegenüber der Wahrnehmung des Sportschweißes männlicher Spender im Bereich des Gyrus frontalis inferior (BA 48; k = 20) vermehrte Aktivierungen hervor, während im Falle der Wahrnehmung männlichen Spendenmaterials Aktivierungen im Gyrus frontalis superior (BA 9; k = 19) und Gyrus frontalis medius (BA 9; k = 19) auftraten.

Tabelle 6-90: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ bei “SIAS-niedrigscorenden“ weiblichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

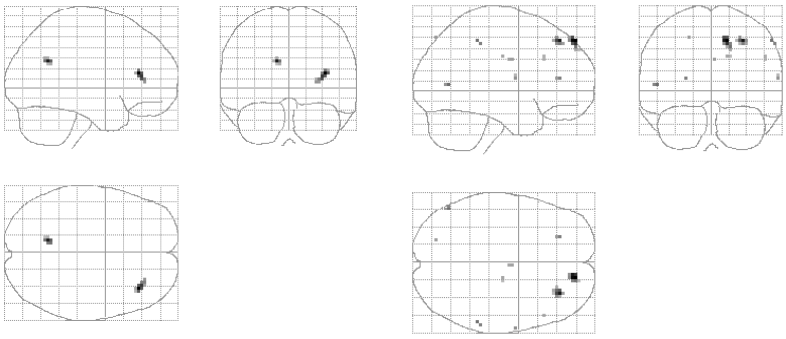
Vergleich	Areal Voxelle-vel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
F_W: $M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 4080; t-krit: 3,09

Tabelle 6-91: Ergebnisse Ganzhirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ bei “SIAS-niedrigscorenden“ weiblichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
F_W: $M_{S: A} > M_{S: S}$	**Frontallappen**									
	w.S./ Gyrus frontalis inferior, pars triangularis	48	R	36	33	15	20	3.64	0.000	0.750
	Parietallappen									
	Precuneus	23	L	-12	-57	27	12	3.55	0.000	0.838
F_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$	**Zentrale Region**									
	Gyrus precentralis, pars opercularis	48	R	63	-3	12	2	3.26	0.001	0.985
	Frontallappen									
	Gyrus frontalis superior	9	R	15	54	48	19	3.82	0.000	0.537
	Gyrus frontalis medius	9	R	30	39	48	16	3.72	0.000	0.664
	w.S. / Gyrus frontalis medius	- / 47	L	-24	39	12	2	3.34	0.000	0.966
	Gyrus frontalis medius	44	R	51	24	33	2	3.16	0.001	0.995
	Gyrus temporalis medius	37	L	-51	-66	6	3	3.39	0.000	0.945
	Parietallappen									
	Gyrus parietalis inferior	40	R	57	-39	48	1	3.38	0.000	0.950
	Gyrus parietalis inferior	40	R	60	-36	45	1	3.32	0.000	0.971
	Gyrus parietalis superior	7	L	-21	-78	51	1	3.21	0.001	0.991
	Limbische Region									
	Gyrus cingularis medius	-/23	R	3	-6	30	2	3.20	0.001	0.992
	w.S. / Sulcus cinguli medius	-	R	15	-15	33	2	3.18	0.001	0.994

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 4080; t-krit: 3,09



(A) **(B)**

Abbildung 6-26: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert Aktivierungen im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende) SIAS-niedrigscorende“:
(A) „Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Frauen Angst > Frauen Sport“

6.3.2.2.2 „SIAS-hochscorende“ Vpn

Zunächst die Ergebnisse der „SIAS-hochscorenden“ männlichen Wahrnehmenden und anschließend der „SIAS-hochscorenden“ weiblichen Wahrnehmenden dargestellt.

Männer als Wahrnehmende

Nach einer Unterteilung der Aktivierungen entlang des Spendergeschlechts, zeigt sich für die Stichprobe der „SIAS-hochscorenden“ Männer in den ROI-Analysen keine vermehrte Aktivierung bei der Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber des Sportschweißes (siehe Tabelle 6-92).

Tabelle 6-92: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ bei “SIAS-hochscorenden“ männlichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxelevel	BA	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_W: $M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

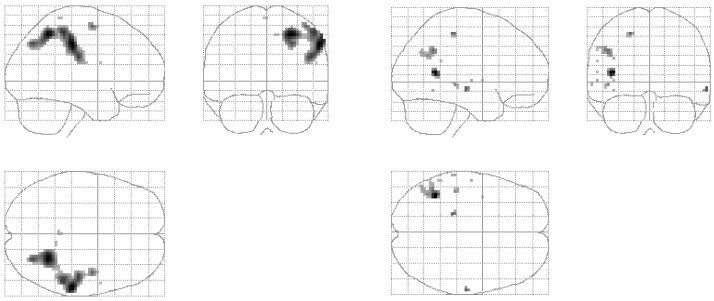
$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df: 4080; t-krit: 3,09

Wie der Tabelle 6-93 und der Abbildung 6-27 zu entnehmen ist, fallen jedoch in der Gesamthirn-Analyse bei dieser Subgruppe im Kontrast „Männer Angst > Männer Sport“ die Aktivierungen im Parietallappen auf. Das zugehörige Cluster - mit einem lokalen Maximum im Gyrus supramarginalis (BA 2; k = 459), welches sich über den Gyrus parietalis ausstreckt (BA 7/2) - ist mit seinen 459 gemeinsam aktiven Voxeln als sehr umfangreich zu beschreiben. Auffallend ist weiterhin, dass sich alle Aktivierungen in diesem Kontrast der rechten Hemisphäre zuordnen lassen. Hingegen sind im Falle der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes beinahe ausschließlich alle Aktivierungen linkshemisphärisch. Die auffälligste Aktivierung tritt auch hier im Parietallappen auf (BA 39; k = 38), wie in der Abbildung 6-27 graphisch dargestellt.

Tabelle 6-93: Ergebnisse Ganzhirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten“ Angst > Sport“ bei “SIAS-hochscorenden“ männlichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_W: $M_{S:A} > M_{S:S}$	**Zentrale Region**									
	Gyrus precentralis	6	R	42	-6	60	16	3.81	0.000	0.513
	Gyrus precentralis	6/48	R	54	3	21	1	3.13	0.001	0.994
	Lobulus paracentralis	4/5	R	0	-39	69	3	3.20	0.001	0.988
	Parietallappen									
	Gyrus supramarginalis	2	R	57	-27	39	459	4.80	0.000	0.016
	Gyrus parietalis inferior	7	R	27	-54	51		4.70	0.000	0.024
	Gyrus parietalis inferior	2	R	51	-36	54		4.25	0.000	0.140
	Precuneus	- / 5	R	9	-45	51	2	3.18	0.001	0.989
M_W: $F_{S:A} > F_{S:S}$	**Zentrale Region**									
	w.S. / Gyrus postcentralis	- / 3	L	-21	-33	54	7	3.47	0.000	0.872
	Temporallappen									
	Gyrus temporalis medius	21	L	-42	-51	12	25	3.93	0.000	0.378
	Gyrus temporalis medius	21	R	63	-18	-6	5	3.50	0.000	0.846
	w.S. / Gyrus temporalis medius	21	L	-45	-30	-3	6	3.31	0.000	0.961
	Gyrus temporalis medius	21	L	-63	-30	0	3	3.20	0.001	0.987
	Sulcus collateralis	37	L	-39	-54	-9	1	3.19	0.001	0.989
	Gyrus temporalis superior	22 / 48	L	-57	-12	3	1	3.18	0.001	0.989
	Gyrus temporalis superior	48	L	-57	-45	24	1	3.13	0.001	0.994
	Gyrus temporalis medius	21/22	L	-57	-48	12	1	3.12	0.001	0.995
	Parietallappen									
	Gyrus parientalis inferior	39	L	-45	-54	36	38	3.45	0.000	0.887
	Gyrus angularis	39	L	-42	-60	30		3.31	0.000	0.960
	Gyrus angularis	39	L	-51	-66	33		3.23	0.001	0.981
	Insula									
	Insula	48	L	-39	0	3	1	3.12	0.001	0.995

$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df: 4080; t-krit: 3,09



(A) **(B)**

Abbildung 6-27: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert
Aktivierungen im Kontrast „Männer (Wahrnehmende) SIAS-hochscorend“:
(A) „Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Frauen Angst > Frauen Sport“

Frauen als Wahrnehmende

Wie aus Tabelle 6-94 ersichtlich wird, zeigte sich in der ROI-Analyse bei „SIAS-hochscorenden“ Frauen während der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender eine signifikante Aktivierung im anterioren OFK bilateral. Hinzu zeigte sich im Kontrast des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender eine signifikante Aktivität im linken anterioren Hippokampus.

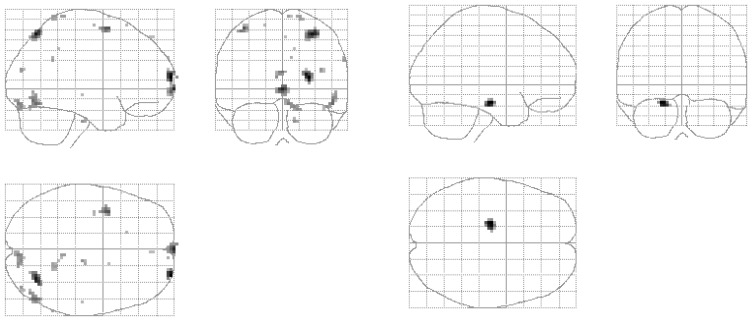
Tabelle 6-94: Ergebnisse ROI-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ bei “SIAS-hochscorenden“ weiblichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxelle-vel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
F_W: $M_{S: A} > M_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK anterior	-	L/R	0	69	-3	3	3.91	0.000	0.021
F_W: $F_{S: A} > F_{S: S}$	Amygdala	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	BNST	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hippokampus (Subliculum)	-	L	-21	-15	-18	16	3.73	0.000	0.018
	Hypothlamus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	OFK	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$k \geq 1$; p = 0,001 unkorrigiert; df: 4080; t-krit: 3,09

In der Gesamthirn-Analyse (siehe Tabelle 6-95) ließen sich die Aktivierungen in den entsprechenden Kontrasten wieder finden, jedoch weisen die Aktivitäten sowohl im OFK als auch im Hippokampus größere Ausmaße auf [OFK (ROI-Analyse): k = 3; OFK (Gesamthirn-Analyse): k = 24; Hippokampus (ROI-Analyse): k = 16; Hippokampus (Gesamthirn-Analyse): k = 27]. In der Abbildung 6-28 und Abbildung 6-29 sind diese Befunde noch einmal graphisch veranschaulicht.

Wie weiter der Tabelle 6-94 zu entnehmen ist, zeigte sich in der ROI-Analyse bei „SIAS-hochscorenden“ Frauen bei der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender eine signifikante Aktivierung im linken anterioren Hippokampus. In der Gesamthirn-Analyse (siehe Tabelle 6-95) ließen sich diese Aktivierungen in dem entsprechenden Kontrast im größerem Umfang wieder finden [Hippokampus (ROI-Analyse): k = 16; Hippokampus (Gesamthirn-Analyse): k = 27]. Auffällig an dem Ergebnis der Gesamthirn-Analyse sind die geschlechtsspezifischen Aktivierungsmuster: Während im Falle der Kontrastierung männlicher chemosensorischer Reize Aktivierungen in vielen Bereichen des Hirns auftraten (Zentrale Region, Frontal-, Temporal-, Parietallappen sowie im Cerebellum und der Pons), so zeigte sich bei der Kontrastierung weiblicher chemosensorischer Reize nur exklusiv im Hippokampus ein lokales Maximum (für eine graphische Darstellung dieser Ergebnisse siehe Abbildung 6-28 und Abbildung 6-29).



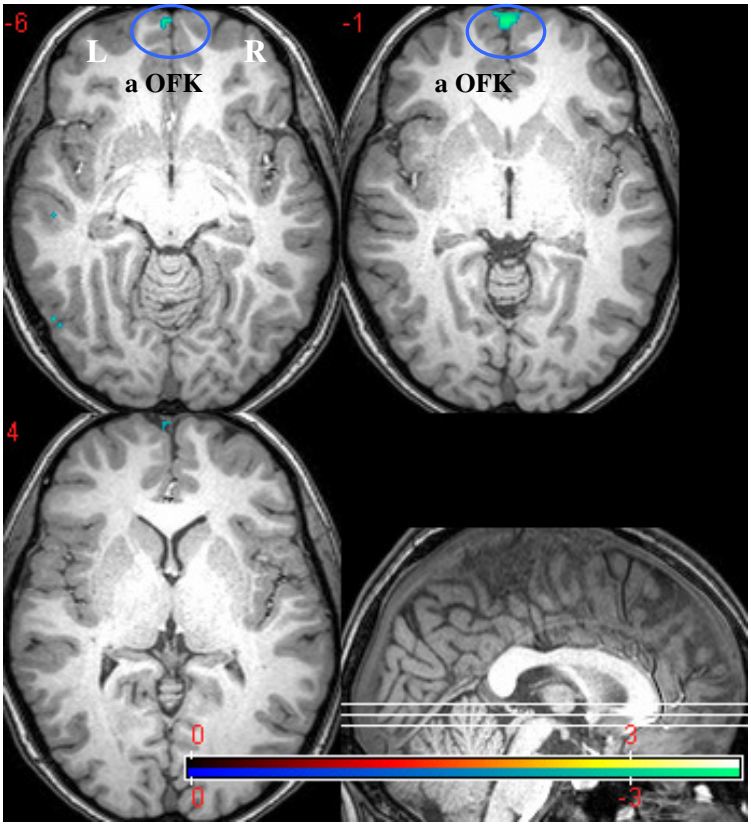
(A) **(B)**

Abbildung 6-28: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert Aktivierungen im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende) SIAS-hochscorend“:
(A) „Männer Angst > Männer Sport“
(B) „Frauen Angst > Frauen Sport“

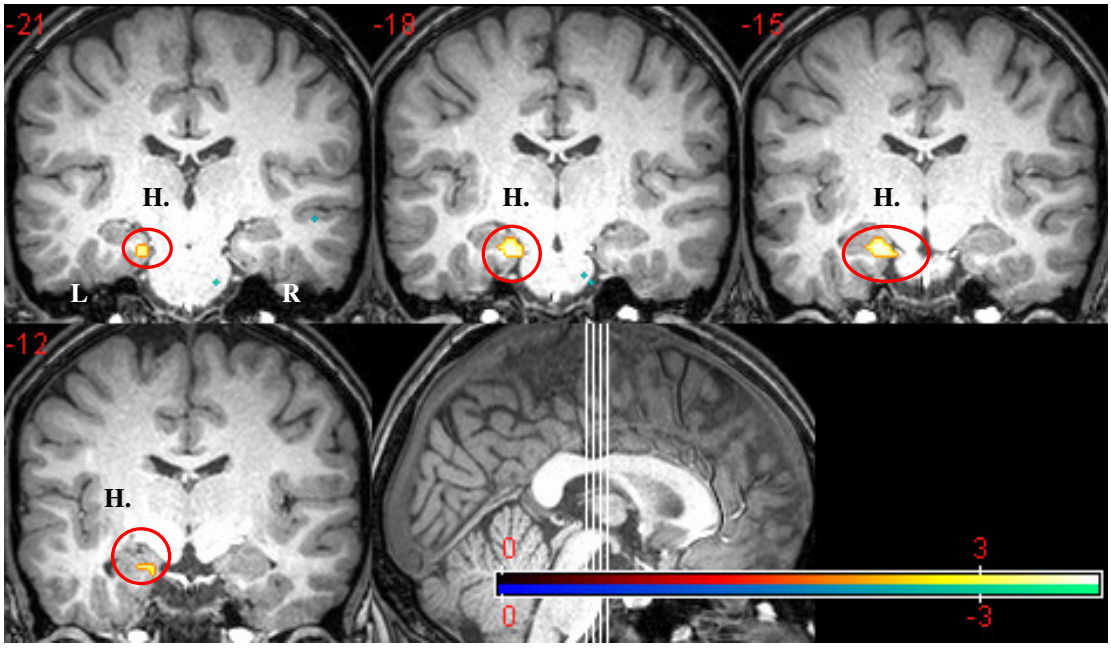
Tabelle 6-95: Ergebnisse Ganzhirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ bei “SIAS-hochscorenden“ weiblichen Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemis-phäre	Stereotaktische Koordinaten			k	T	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
	Zentrale Region									
	Lobulus parcentralis	4/5	R	6	-42	75	3	3.37	0.000	0.972
	Gyrus precentralis	6	L	-39	-9	66	2	3.22	0.001	0.995
	Frontallappen									
	Gyrus frontalis superior	10	R	27	69	12	20	4.78	0.000	0.023
	anteriorer OFC	10	R	0	72	0	24	4.42	0.000	0.100
	Gyrus frontalis medius	6	L	-39	6	63	14	3.98	0.000	0.418
	Gyrus frontalis superior, pars medius	10	R	0	72	18	8	3.77	0.000	0.665
	Gyrus frontalis superior, pars medius	10	L	-6	75	12		3.50	0.000	0.918
	Gyrus frontalis, pars medius	10	R	9	66	33	1	3.20	0.001	0.997
	Gyrus frontalis superior	8	L	-18	24	66	1	3.15	0.001	0.998
	Gyrus frontalis superior, pars medius	9	R	3	51	54	2	3.12	0.001	0.999
	Gyrus frontalis superior	6	R	15	6	75	1	3.12	0.001	0.999
	Temporallappen									
F_W:	Gyrus temporalis superior	21	R	54	-21	-6	1	3.14	0.001	0.999
$M_{S: A} > M_{S: S}$	Gyrus fusiformis (Cluster zu Gyrus occipitalis inferior)	19	R	45	-75	-18		3.50	0.000	0.915
	Parietallappen									
	Gyrus parietalis superior	7	R	30	-69	57	34	4.55	0.000	0.060
	Gyrus parietalis superior	5	R	18	-48	75	7	3.34	0.000	0.980
	Precuneus	-	R	12	-45	42	1	3.11	0.001	0.999
	Gyrus supramarginalis	40	R	63	-51	30	2	3.37	0.000	0.973
	Okzipitallappen									
	Gyrus occipitalis inferior	19/37	R	51	-69	-15	20	3.83	0.000	0.591
	Gyrus occipitalis medius	19	R	39	-84	21	4	3.44	0.000	0.947
	Cerebellum									
	Cerebellum_6	18	R	6	-87	-15	21	3.63	0.000	0.813
	Cerebellum_Crus_1	18	R	15	-87	-21		3.52	0.000	0.907
	Pons									
	Pons	- / 35	R	12	-21	-33	3	3.46	0.000	0.937
F_W:	**Limbische Region**									
$F_{S: A} > F_{S: S}$	Hippokampus (Subliculum)	L	L	-21	-15	-18	27	3.73	0.000	0.710

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 4080; t-krit: 3,09



(A)



(B)

Abbildung 6-29: Aktivierungen (p = 0,001 unkorrigiert) bei weiblichen Wahrnehmenden in den Kontrasten **„Frauen Angst > Frauen Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelrot bis hellgelb) und **„Männer Angst > Männer Sport“** (t-Wertdarstellung von dunkelblau bis hellgrün) in ausgewählten
(A) transversalen Schichten (rote Zahlen: z-Koordinaten)
(B) koronaren Schichten (rote Zahlen: y-Koordinaten) eines normalisierten T1-Bildes einer weiblichen Vp
m OFK.: medialer Orbitofrontalkortex
H.: Hippokampus

6.3.2.3 Zusammenfassung funktioneller Bilder nach SIAS Median-Split

Es lässt sich zusammenfassend festhalten, dass eine erneute Auswertung der funktionellen Bilder unter Berücksichtigung der Sozialen Ängstlichkeit, des Wahrnehmenden- und des Spendergeschlechts Aktivierungen in den ROI´s „Hippokampus“ und „OFK“ aufzeigte. So ließen sich für „SIAS-hochscorende“ Frauen bei der Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender vermehrte Aktivierungen im anterioren Hippokampus finden. Die Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender führte bei „SIAS-hochscorenden“ Frauen zu vermehrten Aktivierungen im anterioren OFK. Hingen ließen sich bei „SIAS-niedrigscorenden“ Männer während der Wahrnehmung des männlichem Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender vermehrte Aktivität in der Nähe des posterioren Hippokampus, wie nur die Gesamthirnanalyse zeigte. Darüber hinaus zeigten sich für „SIAS-hochscorende“ Männer bei der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß auffällig umfangreiche Aktivierungen im rechten Parietallappen (Gyrus postcentralis, Gyrus supramarginalis).

6.3.2.4 Reanalyse der subjektiven Daten

Im folgenden Abschnitt soll die Frage geklärt werden, ob die in der Neuauswertung der funktionellen Daten berichteten ROI-Aktivitäten möglicherweise mit dem subjektives Antwortverhalten der Vpn in Verbindung gebracht werden können. Hierzu werden die subjektiven Daten zur Geruchsbeschreibung erneut einer Analyse unterzogen.

Der Schwerpunkt der Auswertung stellt den Vergleich der subjektiven Daten zwischen den „SIAS-hoch-“ und den „SIAS-niedrigscorenden“ Vpn dar. Die Reanalyse der subjektiven Daten soll – analog zu den funktionellen Bildern – für männliche und weibliche Wahrnehmende getrennt berechnet werden. Das bedeutet, dass für jedes Wahrnehmendengeschlecht jeweils ein eigenes varianzanalytisches Design bestimmt wird. Ebenfalls in Analogie zur Auswertung der funktionellen Bilder erfolgt die Berechung der subjektiven Daten über die Differenz „Angstschweiß - Sportschweiß“. Es fließen also nicht die absoluten Skalenwerte, sondern nur der Unterschied zwischen den Bedingungen in die Auswertung mit ein. Somit kann der Faktor „Chemosensorischer Reiz“ zu Gunsten der abhängigen Variablen „Differenz“ (Angst - Sport) aufgegeben werden. Es resultieren somit für jede Skala zwei eigenständige 2x2-faktorielle Designs mit den Faktoren „Spendergeschlecht“ („Männerspender“ und „Frauenspender“) und „SIAS“ („SIAS-hochscorend“ und „SIAS-niedrigscorende“). Aufgrund

der wiederholten Testung und der damit verbundenen Aufblähung des α-Niveaus sollen nur solche Effekte kommentiert werden, welche zur Erklärung der ROI-Aktivierungen herangezogen werden können. Ein Überblick über die geplanten Vergleiche ist in der Tabelle 6-96 eingetragen. Dort sind die Ergebnisse der ROI-Analysen sowie die hieraus resultierenden interessierenden Einzelvergleiche (Pfeile) eingetragen. Die zu berechnenden Vergleiche lauten: „Frauen (Wahrnehmende): Frauenspender: SIAS hoch vs. SIAS niedrig“, „Frauen (Wahrnehmende): Männerspender: SIAS hoch vs. SIAS niedrig“, „Männer (Wahrnehmende): Männerspender: SIAS hoch vs. SIAS niedrig“). Die Überprüfung dieser Vergleiche erfolgt über die Interaktionen zwischen den Faktoren „Spendergeschlecht“ und „SIAS“ auf jeder Skala. Falls eine solche Interaktion signifikant wird, so sollen die genanten Einzelvergleiche mit Hilfe von t-Tests für unabhängige Stichproben berechnet werden. Aufgrund des Charakters einer wiederholten Testung, sollen Effekte erst ab einer Signifikanzgrenze von 5% beachtet werden.

Tabelle 6-96: Übersicht über die Ergebnisse der funktionellen Bilder und den daraus resultierenden interessierenden Einzelvergleichen

Wahrnehmendengeschlecht	Spendergeschlecht	SIAS	
		hoch (SIAS > Median)	niedrig (SIAS < Median)
Frauen	Frauen	Hippokampus linksseitig ↔	
	Männer	OFK anterior ↔	
Männer	Frauen		
	Männer		Hippokampus rechtsseitig ↔ Parietallappen rechtsseitig

Die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung sind der Tabelle 10-6 im Anhang zu entnehmen. Im Weiteren werden die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertung vorgestellt.

Intensität

Die Tabelle 6-97 zeigt, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Intensität“ für männliche Vpn eine Interaktion zwischen den Faktoren „Spendergeschlecht“ und „SIAS“ [$F(1, 11) = 14{,}12$; $p = 0{,}003$] ergab.

Tabelle 6-97: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Intensität“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	13,50	1	13,50	3,39	0,095
	Interaktion	Spender x SIAS	16,67	1	16,67	4,18	**0,068**
	Fehler	Spender	39,83	10	3,98		
	Haupteffekt	SIAS	4,17	1	4,17	0,65	0,438
	Fehler	SIAS	63,83	10	6,38		
Männer	Haupteffekt	Spender	0,21	1	0,21	0,16	0,697
	Interaktion	Spender x SIAS	18,21	1	18,21	14,12	**0,003**
	Fehler	Spender	14,18	11	1,29		
	Haupteffekt	SIAS	2,38	1	2,38	0,42	0,530
	Fehler	SIAS	62,46	11	5,68		

Eine Auflösung der Interaktion mittels t-Tests für unabhängige Stichproben zeigte (siehe Tabelle 6-98), dass auf der Skala „Intensität“ in keinem relevanten Vergleich ein signifikanter Unterschied zu finden war.

Tabelle 6-98: Ergebnis t-Test nach SIAS-Median-Split; Auflösung Interaktion „Spender x SIAS“ für männliche Vpn, Skala „Intensität“

Wahrnehmenden-geschlecht	Verfahren	Vergleich	M-Diff	t-Wert	df	p
Männer	abhängig	SIAS niedrig: Frauenspender vs. Männerspender	1,86	3,12	6	0,021
	abhängig	SIAS hoch: Frauenspender vs. Männerspender	-1,50	-2,24	5	0,076
	unabhängig	Frauenspender: SIAS-niedrig vs. SIAS-hoch	2,29	1,83	11	0,094
	unabhängig	Männerspender: SIAS-niedrig vs. SIAS-hoch	-1,07	-1,39	11	0,193

Angenehmheit

Die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Angenehmheit“ ergab weder für weibliche noch für männliche Wahrnehmende eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-99).

Tabelle 6-99: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Angenehmheit“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	0,38	1	0,38	0,12	0,731
	Interaktion	Spender x SIAS	7,04	1	7,04	2,34	0,157
	Fehler	Spender	30,08	10	3,01		
	Haupteffekt	SIAS	7,04	1	7,04	1,15	0,309
	Fehler	SIAS	61,42	10	6,14		
Männer	Haupteffekt	Spender	5,29	1	5,29	1,71	0,218
	Interaktion	Spender x SIAS	3,75	1	3,75	1,21	0,295
	Fehler	Spender	34,10	11	3,10		
	Haupteffekt	SIAS	10,68	1	10,68	1,32	0,275
	Fehler	SIAS	88,86	11	8,08		

Unangenehmheit

Die Tabelle 6-100 macht deutlich, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Unangenehmheit“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion ergab.

Tabelle 6-100: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Unangenehmheit“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	4,17	1	4,17	0,83	0,384
	Interaktion	Spender x SIAS	0,67	1	0,67	0,13	0,723
	Fehler	Spender	50,17	10	5,02		
	Haupteffekt	SIAS	2,67	1	2,67	0,39	0,546
	Fehler	SIAS	68,17	10	6,82		
Männer	Haupteffekt	Spender	2,87	1	2,87	0,84	0,379
	Interaktion	Spender x SIAS	2,87	1	2,87	0,84	0,379
	Fehler	Spender	37,67	11	3,42		
	Haupteffekt	SIAS	26,47	1	26,47	4,99	0,047
	Fehler	SIAS	58,38	11	5,31		

Bekanntheit

Wie aus Tabelle 6-101 zu ersehen ist, ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Bekanntheit“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion.

Tabelle 6-101: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Bekanntheit“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	42,67	1	42,67	4,38	0,063
	Interaktion	Spender x SIAS	6,00	1	6,00	0,62	0,451
	Fehler	Spender	97,33	10	9,73		
	Haupteffekt	SIAS	0,67	1	0,67	0,12	0,734
	Fehler	SIAS	54,67	10	5,47		
Männer	Haupteffekt	Spender	0,04	1	0,04	0,01	0,917
	Interaktion	Spender x SIAS	7,58	1	7,58	1,92	0,193
	Fehler	Spender	43,42	11	3,95		
	Haupteffekt	SIAS	1,39	1	1,39	0,31	0,590
	Fehler	SIAS	49,61	11	4,51		

Valenz

Die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Valenz“ ergab weder für weibliche noch für männliche Wahrnehmende eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-102).

Tabelle 6-102: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Valenz“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	8,17	1	8,17	3,01	0,114
	Interaktion	Spender x SIAS	0,67	1	0,67	0,25	0,631
	Fehler	Spender	27,17	10	2,72		
	Haupteffekt	SIAS	10,67	1	10,67	2,59	0,139
	Fehler	SIAS	41,17	10	4,12		
Männer	Haupteffekt	Spender	4,49	1	4,49	1,78	0,209
	Interaktion	Spender x SIAS	0,18	1	0,18	0,07	0,794
	Fehler	Spender	27,67	11	2,52		
	Haupteffekt	SIAS	8,44	1	8,44	2,46	0,145
	Fehler	SIAS	37,71	11	3,43		

Arousal

Die Tabelle 6-103 macht deutlich, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Arousal“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion ergab.

Tabelle 6-103: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Arousal“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	2,67	1	2,67	0,52	0,487
	Interaktion	Spender x SIAS	0,17	1	0,17	0,03	0,860
	Fehler	Spender	51,17	10	5,12		
	Haupteffekt	SIAS	1,50	1	1,50	0,38	0,553
	Fehler	SIAS	39,83	10	3,98		
Männer	Haupteffekt	Spender	6,77	1	6,77	4,29	0,063
	Interaktion	Spender x SIAS	0,62	1	0,62	0,39	0,544
	Fehler	Spender	17,38	11	1,58		
	Haupteffekt	SIAS	2,11	1	2,11	0,47	0,507
	Fehler	SIAS	49,43	11	4,49		

Dominanz

Wie der Tabelle 6-104 zu entnehmen ist, ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Dominanz“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion.

Tabelle 6-104: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Dominanz“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	4,17	1	4,17	2,07	0,181
	Interaktion	Spender x SIAS	0,67	1	0,67	0,33	0,578
	Fehler	Spender	20,17	10	2,02		
	Haupteffekt	SIAS	0,67	1	0,67	0,27	0,616
	Fehler	SIAS	24,83	10	2,48		
Männer	Haupteffekt	Spender	0,26	1	0,26	0,16	0,697
	Interaktion	Spender x SIAS	2,57	1	2,57	1,55	0,239
	Fehler	Spender	18,27	11	1,66		
	Haupteffekt	SIAS	6,93	1	6,93	3,23	0,100
	Fehler	SIAS	23,61	11	2,15		

Freude

Die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Freude“ ergab weder für weibliche noch für männliche Wahrnehmende eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-105).

Tabelle 6-105: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Freude“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	16,17	1	16,17	12,50	0,005
	Interaktion	Spender x SIAS	5,13	1	5,13	3,97	0,074
	Fehler	Spender	12,94	10	1,29		
	Haupteffekt	SIAS	5,32	1	5,32	0,62	0,450
	Fehler	SIAS	86,04	10	8,60		
Männer	Haupteffekt	Spender	14,33	1	14,33	4,53	0,057
	Interaktion	Spender x SIAS	0,37	1	0,37	0,12	0,739
	Fehler	Spender	34,77	11	3,16		
	Haupteffekt	SIAS	49,33	1	49,33	4,76	0,052
	Fehler	SIAS	114,09	11	10,37		

Ärger

Die Tabelle 6-106 macht deutlich, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Ärger“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion ergab.

Tabelle 6-106: Ergebnisse nach VA SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Ärger“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	8,28	1	8,28	2,04	0,184
	Interaktion	Spender x SIAS	7,37	1	7,37	1,81	0,208
	Fehler	Spender	40,62	10	4,06		
	Haupteffekt	SIAS	4,59	1	4,59	1,03	0,335
	Fehler	SIAS	44,72	10	4,47		
Männer	Haupteffekt	Spender	13,54	1	13,54	4,06	0,069
	Interaktion	Spender x SIAS	2,18	1	2,18	0,65	0,436
	Fehler	Spender	36,66	11	3,33		
	Haupteffekt	SIAS	14,13	1	14,13	4,74	0,052
	Fehler	SIAS	32,80	11	2,98		

Trauer

Wie aus Tabelle 6-107 zu ersehen ist, ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Trauer“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion.

Tabelle 6-107: Ergebnisse nach VA SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn , Skala „Trauer“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	3,08	1	3,08	1,50	0,248
	Interaktion	Spender x SIAS	0,48	1	0,48	0,24	0,638
	Fehler	Spender	20,49	10	2,05		
	Haupteffekt	SIAS	4,68	1	4,68	2,68	0,133
	Fehler	SIAS	17,47	10	1,75		
Männer	Haupteffekt	Spender	0,78	1	0,78	1,35	0,270
	Interaktion	Spender x SIAS	1,64	1	1,64	2,85	0,120
	Fehler	Spender	6,33	11	0,58		
	Haupteffekt	SIAS	1,19	1	1,19	1,98	0,187
	Fehler	SIAS	6,63	11	0,60		

Angst

Die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Angst“ ergab weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion (siehe Tabelle 6-108).

Tabelle 6-108: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Angst“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	0,38	1	0,38	0,54	0,480
	Interaktion	Spender x SIAS	1,71	1	1,71	2,45	0,148
	Fehler	Spender	6,96	10	0,70		
	Haupteffekt	SIAS	20,17	1	20,17	2,27	0,163
	Fehler	SIAS	88,97	10	8,90		
Männer	Haupteffekt	Spender	0,64	1	0,64	0,31	0,590
	Interaktion	Spender x SIAS	2,32	1	2,32	1,11	0,315
	Fehler	Spender	23,01	11	2,09		
	Haupteffekt	SIAS	7,67	1	7,67	2,82	0,121
	Fehler	SIAS	29,92	11	2,72		

Überraschung

Die Tabelle 6-109 macht deutlich, dass die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Überraschung“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion ergab.

Tabelle 6-109: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Überraschung“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	3,01	1	3,01	1,57	0,239
	Interaktion	Spender x SIAS	0,03	1	0,03	0,02	0,897
	Fehler	Spender	19,19	10	1,92		
	Haupteffekt	SIAS	2,10	1	2,10	0,37	0,558
	Fehler	SIAS	57,22	10	5,72		
Männer	Haupteffekt	Spender	0,00	1	0,00	0,00	0,990
	Interaktion	Spender x SIAS	0,01	1	0,01	0,00	0,977
	Fehler	Spender	72,80	11	6,62		
	Haupteffekt	SIAS	0,03	1	0,03	0,03	0,863
	Fehler	SIAS	10,44	11	0,95		

Ekel

Wie aus Tabelle 6-110 zu ersehen ist, ergab die varianzanalytische Auswertung des Ratings auf der Skala „Ekel“ weder für weibliche noch für männliche Vpn eine signifikante Interaktion.

Tabelle 6-110: Ergebnisse VA nach SIAS-Median-Split für männliche und weibliche Vpn, Skala „Ekel“

Wahrnehmenden-geschlecht		Quelle	QS	df	MS	F	p
Frauen	Haupteffekt	Spender	12,76	1	12,76	1,25	0,289
	Interaktion	Spender x SIAS	0,84	1	0,84	0,08	0,779
	Fehler	Spender	101,86	10	10,19		
	Haupteffekt	SIAS	21,09	1	21,09	1,06	0,328
	Fehler	SIAS	199,87	10	19,99		
Männer	Haupteffekt	Spender	8,37	1	8,37	1,86	0,199
	Interaktion	Spender x SIAS	18,78	1	18,78	4,18	0,066
	Fehler	Spender	49,41	11	4,49		
	Haupteffekt	SIAS	31,34	1	31,34	3,53	0,087
	Fehler	SIAS	97,74	11	8,89		

Zusammenfassung der subjektiven Daten

Die erneute Auswertung der subjektiven Daten unter dem Aspekt der Sozialen Ängstlichkeit ergab, dass auf keiner Skala der Fragebögen zur quantitativen und zur emotionalen Geruchsbeschreibung ein signifikanter Effekt zwischen der Gruppe der „SIAS-niedrigscorenden“ und der „SIAS-hochscorenden“ Vpn in Abhängigkeit des Spendergeschlechts zu beobachten war.

6.3.3 Signalsuche im medialen OFK

Wie bereits im theoretischen Hintergrund dargestellt, kommt dem OFK eine bedeutende Rolle bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize zu. Aufgrund seiner hohen Konnektivität zu weiteren Strukturen des primären und sekundären olfaktorischen Kortex sowie seiner funktionellen Bedeutsamkeit bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize wird OFK-Aktivität in vielen geruchsexperimentalen Studien mittels bildgebender Verfahren berichtet (vgl. Punkt 2.2.1.4). In dieser Arbeit konnte im Versuch zur Methodenvalidierung ebenfalls deutliche OFK-Aktivität (medial wie lateral) nachgewiesen werden – sowohl bei der Wahrnehmung des olfaktorischen Standardreizes als auch bei der Wahrnehmung des menschlichen chemosensorischen Reizes. Jedoch konnten in der Hauptuntersuchung insgesamt nur schwache Aktivierungen im OFK gezeigt werden. Zudem ließen sich Aktivierungen im dorsalen Bereich des medialen OKF feststellen.

Eine mögliche Erklärung ausbleibender Aktivierung in weiter ventral gelegenen Bereichen des medialen OFK liegt möglicherweise an den Ausmaßen der Bereiche, über welche

die Kontrast-Berechnungen erfolgen. Die Festlegung dieser Bereiche erfolgt automatisiert über solche Hirngebiete, in welchen auch „ausreichend“ Signal erfasst wird. Hierzu wird in SPM“ zunächst die mittlere Signal-Aktivität („Global mean value“) eines kompletten Datensatzes bestimmt. Aktivierungen, welche weniger als 80% des „Global mean value“ (als SPM-Standardwert) aufweisen, werden als artifiziell definiert und von der Auswertung ausgeschlossen (siehe unter http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/doc/manual/model.htm). Der auf diese Weise festgelegte Bereich wird auch als „Implizite Maske“ bezeichnet. Aufgrund der Lage des OFK in der Nähe der Schädelbasisknochen und deren luftgefüllten Hohlräumen sind OFK-Aktivitäten häufig von Suszeptibilitäts-Artefakten überschattet und werden mitunter als nur sehr schwaches Signal erkannt. Dies hat zur Folge, dass die im OFK erfasste Aktivität häufig unter den Cut-Off-Wert der impliziten Maskierung sinkt und somit von der Auswertung ausgeschlossen wird (Huettel et al., 2004; Ojemann, Akbudak, Snyder, McKinstry, Raichle & Conturo, 1997).

Da sich jedoch in der Untersuchung zur Methodenvalidierung Aktivität in weiter ventral gelegenen Bereichen des medialen OFK abbilden ließ, so stellt sich die Frage, ob sich die Masken des Vor- und des Hauptversuches voneinander unterscheiden. Im Weiteren sollen die impliziten Masken miteinander verglichen werden. Anschließend wird ein Verfahren zur Maskierung angewendet, welches mit großer Sicherheit OFK-Signale aufdecken kann, sofern welche zu detektieren sind.

6.3.3.1 Vergleich der impliziten Masken aus dem Vor- und dem Hauptversuch

Die im Vorversuch aufgezeigten OFK-Aktivierungen lassen darauf schließen, dass die dort verwendete Maske dem erforderlichen Umfang entsprach. In der Abbildung 6-30 sind die impliziten Masken des Vorversuchs und des Hauptversuchs in allen drei Schnittebenen dargestellt. Bei einem direkten Vergleich der Vorversuchs- und der Hauptversuchs-Maske zeigt sich, dass die Maske im Hauptversuch im OFK um ca. 1-2 Schichten (3-6 mm) kleiner ist als die Maske aus dem Vorversuch. Projiziert man die Aktivierungen im Kontrast „Schweiß > Watte“ aus dem Vorversuch ($p < 0{,}001$ unkorrigiert) auf die Maske des Hauptversuchs, so ist zu erkennen, dass die medialen OFK-Aktivierungen eben um ca. 3-6mm weiter ventral liegen. Somit könnten OFK-Aktivierungen im Hauptversuch möglicherweise nicht im vollen Umfang abgebildet worden sein.

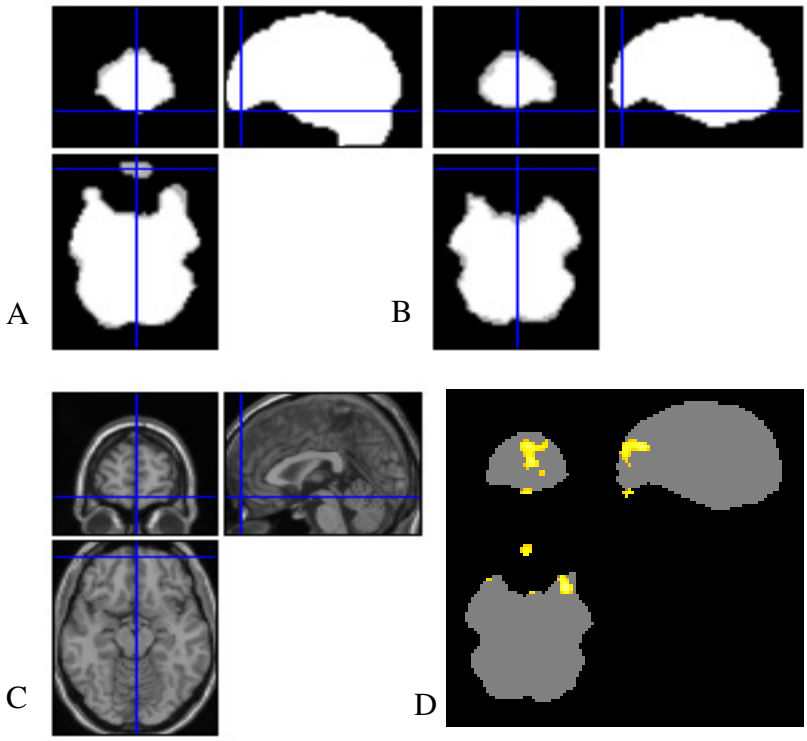


Abbildung 6-30: Vergleich der impliziten Masken und dem MNI-Standardgehirn bei gleichen MNI-Koordinaten (x = -1 y = 58 z = -14)
(A) Implizite Maske aus dem Vorversuch
(B) Implizite Maske aus dem Hauptversuch
(C) MNI-Standardgehirn
(D) Aktivierungen im Kontrast „Schweiß > Watte“ auf die Maske des Hauptversuchs projiziert

6.3.3.2 Maximalmaske

Eine Maske, welche mit großem Erfolg OFK-Aktivierungen aufdecken kann, ist eine so genannte Maximalmaske. Die Erstellung dieser Maske erfolgt im gewissen Sinne über die Vereinigungsmenge alle Voxel, welche in einem Datensatz irgendeine Form von Aktivierungen aufwiesen. Die Maximalmaske wurde hier folgendermaßen berechnet: Die Schätzung des First-Level-Modells verlief standardmäßig über eine Vp-spezifische implizite Maskierung (s.o.). Diese vp-spezifischen impliziten Masken sind jedoch aufgrund der hohen intraindividuellen Varianz sehr umfangreich und nicht mit der impliziten Maske eines Second-Level-Modells zu vergleichen. Aus diesen Masken aller Vpn wurden über die Funktion „ImCalc“ nun die Bereiche zusammengefügt, in welchen mindestens einmal ein Wert > 0 auftauchte. Die Abbildung 6-31 verdeutlicht die Ausmaße der auf dieser Weise erstellten Maximalmasken. Zum Vergleich ist ebenfalls das anatomische Bild einer Vp dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der OFK vollständig durch die Maske abgedeckt wird. Jedoch wird auch deutlich, dass nun auch Bereiche außerhalb des Hirns (z.B. die Augen) mit in die Maske aufgenommen

wurden. Auf Grundlage dieser Maske wurde nun für jede Vp erneut ein First-Level-Modell geschätzt. Anschließend wurden alle Vpn in ein Second-Level-Modell überführt, wobei aus ökonomischen Gründen das Design nur über die fünf Ereignisse „chemosensorischer Reiz“ berechnet wurde. Das bedeutet, dass bei der Schätzung des Second-Level-Modells nur die fünf „Chemosensorischer Reiz“ als Ereignisse, nicht aber die Ereignisse „Visueller Countdown“; „Antizipation einer motorischen Reaktion“ sowie die „Kombination aus visuellem Hinweis zur Abgabe einer motorischen Reaktion und der Abgabe einer motorischen Reaktion“ mit einbezogen wurden. Ansonsten erfolgte die Auswertung analog zu der Prozedur, wie sie bereits unter Punkt 5.9.2.2 besprochen wurde. Anstelle einzelner Kontraste wurden die so genannten „effects of interest“ berechnet – eine Kontrastierung, bei welcher alle Aktivierungen unabhängig der chemosensorischen Ereignisklasse gegen die Nullhypothese getestet werden. Das Signifikanzniveau wurde auf einem liberalen α-Niveau von 1% unkorrigiert festgelegt. Das Ergebnis ist der Abbildung 6-31 zu entnehmen. Wie dort zu sehen ist, lassen sich sehr schwache Aktivierungen im medialen Bereich des OFK finden. Hierbei handelt es sich jedoch um Aktivierungen, welche bereits in der explorativen Datenanalyse „Signaldetektion in den ROI´s mit liberalem Signifikanzniveau“ beschrieben wurden. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass Aktivierungen außerhalb des Kortex (ventral des OFK in den Augen und in der Nähe des Okzipitallappens) zu finden sind, welche jedoch als Bewegungsartefakte zu beschreiben sind.

Somit lässt sich zusammenfassen, dass Aktivität im medialen OFK in den Analysen teilweise aufgrund von Suszeptibilitätsartefakten ausblieb. Jedoch wurde hier auch deutlich, dass die Wahrnehmung der chemosensorischen Reize nur zu kaum erfassbaren Aktivierungen im medialen Bereich des OFK führte.

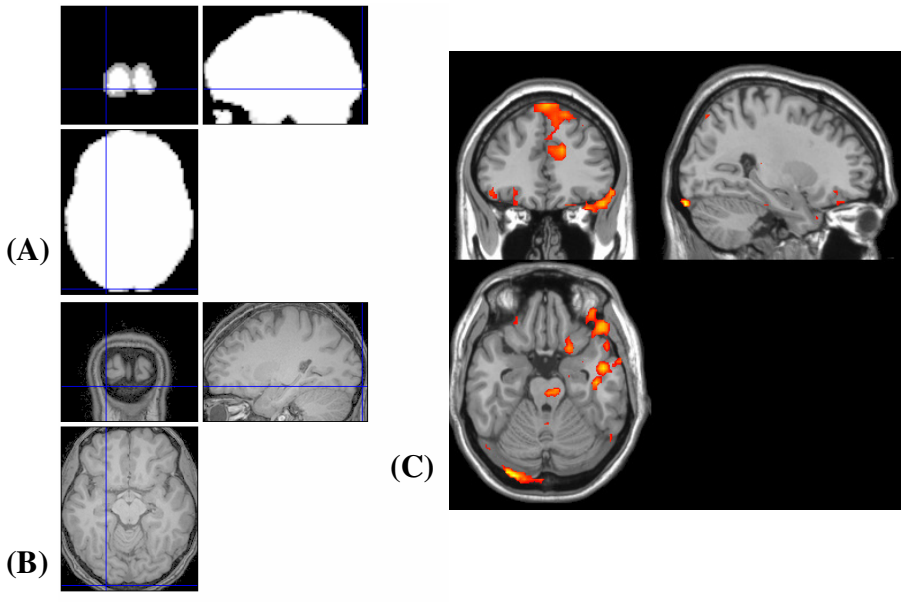


Abbildung 6-31: Ergebnisse Maximalmaske; Vergleich der Maximalmaske aus dem Hauptversuch mit einem T1-Bild einer Vp bei gleichen MNI-Koordinaten (x = -1 y = 58 z = -14)
(A) Maximalmaske aus dem Hauptversuch
(B) normalisiertes T1-gewichtetes Bildes einer männlichen Vp
(C) Aktivierungen im Kontrast „Effects of Interest“

6.3.4 Aktivierungen im Mesenzephalon

Die in der Hauptanalyse gefundenen Aktivierungen im Mesenzephalon liegen in der Nähe des periaquäduktalen Grau des Hirnstamms. Wie bereits im theoretischen Hintergrund berichtet wurde (vgl. Punkt 2.3.1), gilt das Grau als eine Struktur, welche an der Vermittlung von Angst- und Furchreaktionen beteiligt ist. An dieser Stelle soll überprüft werden, ob die Lokalisation der subkortikalen Aktivierung durch einen Fehler in der Normalisierung aufgetreten ist oder tatsächlich der Substantia nigra zuzuschreiben ist. Hierzu wird ein alternatives Vorverarbeitungsverfahren auf die Daten angewandt.

Diese Auswertungsalternative sah eine Normalisierung (einschließlich vorausgegangener Koregistrierung) der funktionellen Bilder an ein individuelles funktionelles T2*-„Ganzkopfbild“ vor. Hierbei handelt es sich um eine T2*-gewichtete Sequenz jeder Vp, bei welcher der Bildausschnitt so gewählt wurde, dass die BOLD-Aktivität des gesamten Hirns erfasst wurde[18] Der Vorteil dieser Methode gegenüber der Normalisierung an die T1-gewichteten Bilder ist vermuteter Maßen der, dass eine EPI-Ganzkopfbild-Vorlage im Gegen-

[18] Zur genaueren Vorgehensweise siehe http://pni.med.jhu.edu/education/fMRI_course_05.pdf oder http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/slides05-usa/pdf/Lab_D_RegAlts.pdf)

satz zu einer T1-Vorlage auch denselben Verzerrungen unterlegen ist, wie es bei den funktionellen Bildern der Fall ist und somit eine genauere Normalisierung zur Folge hat. Da es sich bei dieser Form der Normalisierung jedoch noch nicht um ein Standardverfahren handelt, wurde diese Prozedur explorativ angewendet. Aus ökonomischen Gründen wird bei dieser Auswertungsvariante auf die Funktion „Realign“ zur Korrektur der Kopfbewegungen zurückgegriffen. Zudem flossen bei der Schätzung des Second-Level-Modells nur die fünf „Chemosensorischer Reiz“ als Ereignisse ein. Bis auf diese Änderung erfolgte die Auswertung analog zu der unter Punkt 5.9.2.2 beschriebenen Prozedur. In der Abbildung 6-32 ist das Ergebnis des Kontrastes „Angst > Sport“ über alle Vpn graphisch dargestellt (p = 0,001; df: 108; t-krit:3,17). Es ist aus der Abbildung zu entnehmen, dass bei dieser Form der Vorverarbeitung die Aktivierung im Kontrast „Angst > Sport“ sich aus dem Bereich des Mesenzephalons weiter dorsal in den Bereich der Pons erstrecken. Da die Aktivierungen jedoch weiterhin den rostalen Bereichen zuzuordnen sind, so unterstützen diese Daten die Interpretation, dass die mesenzephale Aktivität nicht dem periaquäduktalen Grau sondern der Substantia nigra zuzuordnen ist.

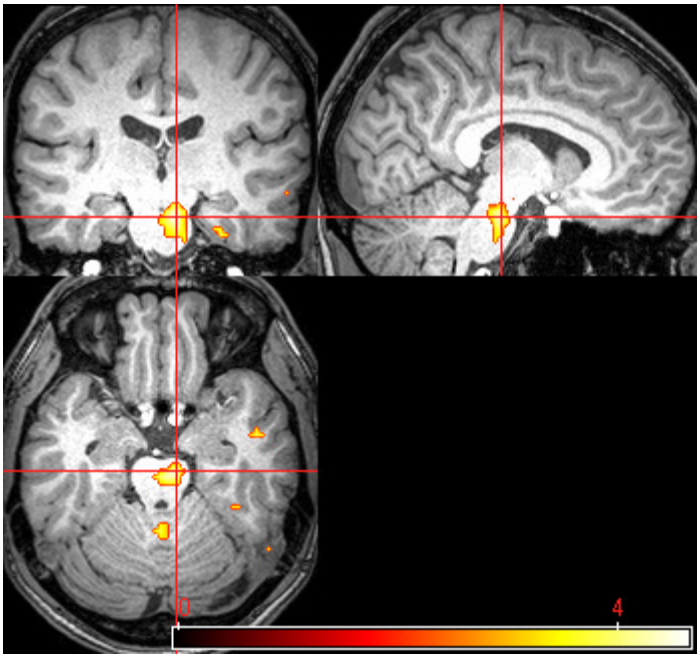


Abbildung 6-32 : Aktivierungen im Kontrast „Angst > Sport“ nach Anwendung einer alternativen Normalisierungsmethode

6.3.5 Kontraste über Geschlechter

Wie unter im Abschnitt „Statistische Auswertung und Hypothesen gefordert (vgl. Punkt 5.9.2.2), sollen in einer explorativen Datenanalyse solche Effekte dargestellt werden, welche ungeachtet der Spendebedingung nur auf das Spender- und das Wahrnehmendengeschlecht zurückgeführt werden können. Für die Auswertung von Effekten über das Wahrnehmendengeschlecht wurde ein Second-Level-Design in Form eines t-Tests für unabhängige Stichproben aufgesetzt. Für die Bestimmung der Effekte über das Spendergeschlecht und Spender- x Wahrnehmendengeschlecht wurde auf das unter Punkt 5.9.2.2 beschriebene Second-Level-Design zurückgegriffen. In beiden Fällen wurden die Aktivierungen über die Spendenbedingungen gemittelt ausgewertet, sodass der Faktor „Chemosensorischer Reiz“ aufgegeben wurde.

Wie sich bereits in den vorangegangenen Analysen andeutete, scheint die Wahrnehmung von menschlichen chemosensorischen Reizen bei Männern im Vergleich zu Frauen auf grundsätzlich höherem Aktivierungsniveau zu verlaufen. Im Kontrast „Männer > Frauen“ über alle menschlichen chemosensorischen Reize zeigten sich umfangreiche Aktivierungen, wobei das größte zusammenhängende Cluster aus k = 7324 gemeinsam aktiven Voxeln (Anzahl der lokalen Maxima = 52) bestand. Einen Eindruck dieses Niveauunterschieds vermittelt die Abbildung 6-33. Aufgrund dieser deutlichen geschlechtsspezifischen Effekte auf Wahrnehmendenseite wird auf die Berechnung von Kontrasten, bei welchen die Aktivierungen auf Männer und Frauen als Wahrnehmende zusammen zurückzuführen sind, verzichtet. Stattdessen werden die Kontraste zur Erfassung geschlechtsspezifischer Effekte für männliche und weibliche Wahrnehmende getrennt berechnet.

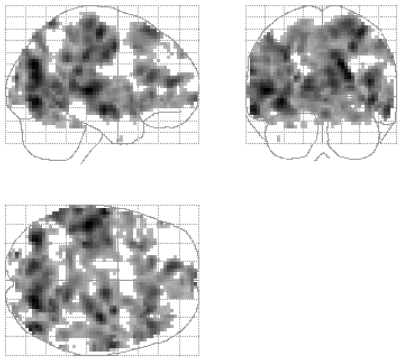


Abbildung 6-33: Aktivierungen im Kontrast „Körpergeruch: Männer > Frauen“ als Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1 %

Die Ergebnisse der Gesamthirnanalyse sind in Tabelle 6-111 eingetragen sowie der Abbildung 6-34 zu entnehmen. Während im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauenspender > Männerspender“ lediglich ein einziges Voxel in der weißen Substanz (BA 20) aktiv wurde, zeigten sich im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauenspender > Männerspender“ eine erwähnenswerte Aktivierungen im Gyrus fusiformis (BA 36; k = 14).

Weibliche Wahrnehmende zeigen im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauenspender > Männerspender“ hauptsächlich Aktivierungen im Bereich der linken Insula (BA 48; k = 13), bilateral in frontalen Gebieten (BA 49, 10, 32, 9; mit der größten Aktivierung von k = 9) sowie im Gyrus pre- und postcentralis (BA 6; k = 8; BA 6/44; k = 6). Im Gegenkontrast „Frauen: Männerspender > Frauenspender“ konnten keine Mehraktivierungen aufgedeckt werden.

Es lässt sich also zusammenfassen, dass männliche Vpn gegenüber den weiblichen Vpn ein grundsätzlich höheres Aktivierungsniveau bei der Wahrnehmung der chemosensorischen Reize aufwiesen. Jedoch zeigte sich sowohl für die männlichen als auch für die weiblichen Vpn, dass die Wahrnehmung von chemosensorischen Reizen des eigenen Geschlechts zu vermehrten Aktivierungen führt, verglichen mit der Wahrnehmung von chemosensorischen Reizen des eigenen Geschlechts.

Tabelle 6-111: Ergebnisse Gesamthirn-Analyse der Aktivierungen in den Kontrasten „Männer (Spender) vs. Frauen (Spender)“ in Abhängigkeit des Wahrnehmendengeschlechts

Vergleich	Areal Voxellevel	BA	Hemisphäre	Stereotaktische Koordinaten			k	t	p unkor.	p (FWE-korrigiert)
				x	y	z				
M_W: $M_S > F_S$	**Frontallappen**									
	w. S. / Gyrus frontalis medius	48	R	24	27	24	3	3.42	0.000	0.965
	Temporallappen									
	Gyrus fusiformis	36	L	-36	0	-36	14	4.01	0.000	0.501
	Okzipitallappen									
	Sulcus occipitalis transversus	19	L	-27	-66	33	2	3.22	0.001	0.995
M_W: $F_S > M_S$	**Temporallappen**									
	w. S. / Gyrus parahippocampalis / Sulcus occipito-temporalis lateralis	20	R	36	-21	-21	1	3.22	0.001	0.995
F_W: $M_S > F_S$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F_W: $F_S > M_S$	**Zentrale Region**									
	Gyrus postcentralis	6	R	33	-24	69	8	3.49	0.000	0.966
	Gyrus precentralis	6 / 44	R	57	12	36	6	3.46	0.000	0.974
	Frontallappen									
	Gyrus frontalis inferior, pars triangularis	48	R	51	24	27	4	3.57	0.000	0.938
	Gyrus frontalis superior	10	L	-18	54	15	9	3.42	0.000	0.983
	Gyrus frontalis superior	32	L	-15	30	39	3	3.31	0.001	0.995
	Gyrus frontalis superior	9	R	18	48	30	1	3.25	0.001	0.998
	Temporallappen									
	Sulcus temporalis inferior	20	R	45	-9	-24	2	3.50	0.000	0.965
	Insula									
	Sulcus circularis insulae	48	L	-36	-6	24	13	4.22	0.000	0.365
	Limbische Region									
	Gyrus cinguli medius	23	L	-6	-24	33	2	3.46	0.000	0.975
	Sulcus cinguli medius	23 / -	L	-12	-15	51	3	3.45	0.000	0.975
	Gyrus ambiens / Uncus	- / 28	L	-9	-3	-24	1	3.24	0.001	0.998

$k \geq 1$; $p = 0{,}001$ unkorrigiert; df: 91; t-krit: 3,18

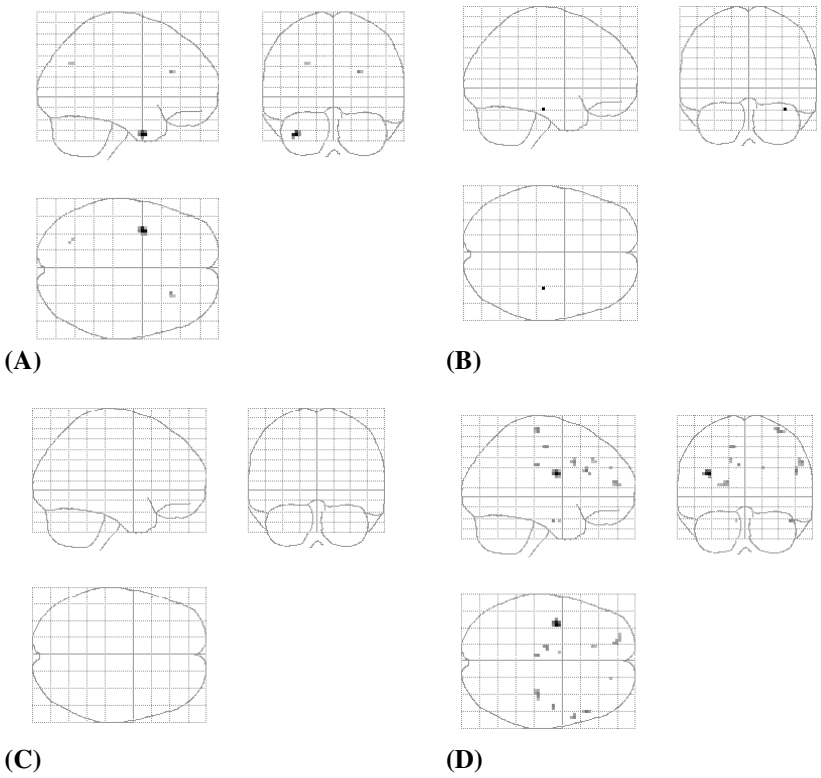


Abbildung 6-34: Glashirndarstellung; α-Niveau: 0,1%; unkorrigiert; Aktivierungen im Kontrast
(A) „Männer: Männerspender > Frauenspender“
(B) „Männer: Frauenspender > Männerspender“
(C) „Frauen: Männerspender > Frauenspender“
(D) „Frauen: Frauenspender > Männerspender“

7 Diskussion

Die Produktion und die Wahrnehmung chemosensorischer Signale stellt für viele Lebewesen ein unverzichtbares Mittel der Steuerung sozialer Prozesse dar. Eine chemosensorische Kommunikation von Alarmsignalen ist bei Invertebraten und Vertebraten ein vielfach beschriebenes Phänomen (siehe Wyatt, 2003). An Nagetieren wurde gezeigt, dass chemosensorische Angstsignale bei Artgenossen zu Adaptationen auf behavioraler, endokriner und autonomer Ebene führen (Cocke et al., 1993; Fanselow, 1985; Kikusui et al., 2000; Mackay-Sim & Laing, 1981; Moynihan et al., 2000; Müller-Velten, 1966; Rottman & Snowdon, 1972; Valenta & Rigby, 1968; Zalaquett & Thiessen, 1991), welche wiederum als Stressreaktion bezeichnet werden können. Chemosensorische Reize geängstigter Personen rufen bei Mitmenschen auf präattentiver Ebene einen negativen emotionalen Zustand hervor, beeinflussen die subliminale visuelle Wahrnehmung positiver sozial relevanter Reize und führen im Vergleich zu Kontrollbedingungen zur vermehrten Rekrutierung kognitiver Ressourcen (Chen et al., 2006; Pause et al., 2004; Prehn et al., 2006). Zudem weisen Rating-Studien darauf hin, dass der Körpergeruch geängstigter Personen möglicherweise andere bewusst wahrnehmbare quantitative Eigenschaften haben kann als menschliche Chemoreize, welche nicht mit Angst assoziiert sind (Ackerl et al., 2002; Chen & Haviland-Jones, 2000).

Während bei den meisten Tieren die Wahrnehmung sozial relevanter Chemoreize über das vomeronasale System erfolgt (siehe Brennan & Keverne, 2003; Keverne, 1999), so wird vermutet, dass bei höher entwickelten Spezies, welche über kein spezifisch pheromonales Wahrnehmungssystem verfügen, sozial relevante Chemoreize über das olfaktorische System wahrgenommen werden (Dorries, Adkins-Regan et al., 1997; Fewell & Meredith, 2002; Meredith, 2001). Es erscheint unwahrscheinlich, dass der Mensch über ein funktionstüchtiges vomeronasales System verfügt (siehe Hudson & Distel, 2002; Meredith, 2001). Jedoch wurde bei Menschen ein Gen identifiziert, welches in der Nasenschleimhaut die Expression solcher Rezeptoren steuert, die beim Nagetier für pheromonale Substanzen sensitiv sind (Rodriguez et al., 2000).

In verschiedenen tierexperimentellen Studien wurde gezeigt, dass eine Initiierung von Verhaltensrückzug infolge der Wahrnehmung olfaktorischer/pheromonaler Gefahrensignale primär unter Beteiligung der Amygdala, des BNST, des Hypothalamus und des Hippokampus erfolgt (Brennan & Keverne, 2003; Chen, Shemyakin & Wiedenmayer, 2006; Christensen & White, 2000; Dielenberg & McGregor; 2001; Keverne, 1999; Fendt et al., 2003; Vanderwolf, 2001). Darüber hinaus stellt der Hypothalamus eine Struktur dar, welche bei der Vermittlung

autonomer Defensivreaktionen entscheidend beteiligt ist (Abel, 1994; Armony & LeDoux, 2000; Christiansen, 1998; 1999; Davis, 2004; Kirschbaum & Hellhammer, 1999; LeDoux, 2000; Mackay-Sim & Laing, 1981).

In dieser Arbeit sollte die zentralnervöse Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen mit Hilfe der fMRT untersucht werden. Hierfür wurde in enger Anlehnung an Lorig und Mitarbeitern (1999) ein MR-kompatibles Olfaktometer konstruiert. In einer eigenständigen Voruntersuchung wurde die Validität der Reizadministration überprüft. Hierzu wurde ein olfaktorischer Standardreiz (2-Phenylethylalkohol), eine chemosensorische Kontrollbedingung (in Form der Geruchsträgersubstanz, „Watte“) sowie auf explorativer Ebene eine Achselschweißprobe („Schweiß“) mit Hilfe des Olfaktometers vorgegeben. An einer Stichprobe von acht weiblichen Vpn wurden subjektive Geruchsbeschreibungen sowie die BOLD-Aktivität während der Wahrnehmung der Reize erfasst. Wie erwartet zeigte sich, dass „PEA“ gegenüber „Watte“ intensivere geruchliche Eigenschaften zugeordnet wurden. Die Auswertung der funktionellen Bilder ließ erkennen, dass die Wahrnehmung von „PEA“ gegenüber „Watte“ zu vermehrten Aktivitäten in solchen Bereichen führte, welche in bildgebenden Studien charakteristisch mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht werden. Hierzu zählten Aktivierungen im OFK, im PFK, in der Amygdala, im Hippokampus, im ERK und im Gyrus subcallosum. Diese Ergebnisse wurden als deutlicher Hinweis auf die Validität der Reizapplikation bewertet. Die Auswertung der Reaktionen auf den „Schweiß“ ließ erkennen, dass dieser im Vergleich zu „Watte“ als unangenehmer Reiz beschrieben wurde und zu vermehrten Aktivierungen vor allem im OFK aber auch im Bereich Amygdala/Hippokampus/ERK führte.

Als chemosensorische Reize der Hauptuntersuchung wurden Achselschweißproben von männlichen und weiblichen Studenten verwendet, welche sich zum einen unmittelbar vor einer bedeutsamen, akademischen mündlichen Prüfung befunden haben („Angstschweiß“) und zum anderen an einer standardisierten sportlichen Betätigung teilgenommen haben („Sportschweiß“). Wie erwartet gaben die Spender an, in der Prüfungssituation bedeutsam mehr Angst erlebt zu haben als in der Sportsituation und beide Situationen als nicht bedeutend unterschiedlich erregend erlebt zu haben. Die Speichelkortisolwerte unterstützen den Befund, dass die Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation als Stress auslösendes Ereignis erlebt wurde. Als Kontrastbedingung zu den menschlichen Chemoreizen wurde die Trägersubstanz, auf welcher die Schweißproben gesammelt wurden („Watte“), aufgenommen. Die Reize wurden mit Hilfe des MR-kompatiblen Olfaktometers zur subjektiven Beschreibung

und zur Erfassung der BOLD-Reaktionen im MR-Scanner in einem Event-Related Design dargeboten.

In der Hauptuntersuchung wurden keine spezifischen Hypothesen darüber formuliert, ob sich eine chemosensorische Kommunikation von Angst in den subjektiven Daten (Geruchsbeschreibungen und Einschätzungen des eigenen emotionalen Erlebens während der Wahrnehmung der Reize) widerspiegelt. Es wurde jedoch vermutet, dass die Wahrnehmung des Angstschweißes im Vergleich zum Sportschweiß zu vermehrten BOLD-Reaktionen in der Amygdala, im BNST, im Hypothalamus, im Hippokampus und – wie sich im Experiment zur Methodenvalidierung andeutete - im OFK führt. Die Auswertung der subjektiven Daten zeigte, dass der Angstschweiß weiblicher Spender gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender zu einer Reduzierung des Freudeerlebens sowie zu einer Steigerung des Ärgererlebens führte. Die Auswertung der funktionellen Bilder machte deutlich, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß sowohl zu vermehrten Aktivierungen in allen vermuteten Strukturen, am deutlichsten jedoch im Bereich Amygdala/Hippokampus führte. Darüber hinaus rief die Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber der Wahrnehmung des Sportschweißes vermehrte Aktivierungen in solchen Bereichen hervor, welche mit der Wahrnehmung sozial relevanter Reize (somatosensorische Kortexareale, Gyrus fusiformis und Pulvinar) sowie mit Geruchsgedächtnisprozessen (lateraler OFK rechtsseitig und Substantia nigra) assoziiert sind. Explorative Analysen deuten darauf hin, dass die Aktivitäten im Hippokampus, im OFK und in Somatosensorischen Kortexarealen im Zusammenhang mit der Sozialen Ängstlichkeit der Wahrnehmenden stehen. Im Folgenden sollen die Befunde genauer besprochen werden.

7.1 Chemosensorische Kommunikation von Angst

7.1.1 Subjektive Daten

Da eine chemosensorische Kommunikation von Angst nicht an bewusste Wahrnehmungsprozesse gebunden zu sein scheint (siehe Pause et al., 2004; Prehn et al., 2006), wurden in dieser Arbeit keine Hypothesen darüber formuliert, ob der Körpergeruch von in Angst versetzter Menschen (Angstschweiß) andere wahrnehmbare qualitative und quantitative Eigenschaften besitzt, verglichen mit einem menschlichen chemosensorischen nicht-Angstreiz (Sportschweiß) sowie der Kontrastbedingung.

Die Auswertung des Detektionstests (einem three-alternative forced-choice Test) zeigte, dass die menschlichen Chemoreize von ca. 40 % der Vpn gegenüber der Kontrastbedin-

gung „Watte“ als Geruch identifiziert wurden. Dabei wurde festgestellt, dass mehr Frauen (ca. 50%) die menschlichen Chemoreize erfolgreich detektierten als Männer (25%). Die Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs zeigte, dass Männer während des Messvorgangs häufiger als Frauen angaben, einen Geruch wahrgenommen zu haben (Detektionsrate der männlichen Wahrnehmenden: ca. 62%; Detektionsrate der weiblichen Wahrnehmenden: ca. 43%). Dabei wurden sowohl der Angstschweiß als auch der Sportschweiß weiblicher Spender im Vergleich zur „Watte“ weniger häufig als Geruch erkannt. Auf diese geschlechtsspezifischen Effekte der Detektionsangaben wird in einem gesonderten Abschnitt (Punkt 7.2) noch genauer eingegangen. Es bleibt zudem festzuhalten, dass in beiden Verfahren (Detektionstest und Detektionsrate während des Scanvorgangs) keine Effekte beobachtet wurden, welche auf die Spendesituation (Angst/Sport) zurückzuführen sind. Da nicht auszuschließen ist, dass „Watte“ gegenüber den menschlichen Chemosignalen keine neutrale Geruchsbedingung darstellte – eine diesbezügliche Diskussion findet sind unter Punkt 7.3 – so sind die Ergebnisse der Detektionsverfahren nur eingeschränkt aussagekräftig. Es scheint jedoch gerechtfertigt anzunehmen, dass die menschlichen Chemoreize nur für einen Teil der Stichprobe wahrnehmbare Eigenschaften aufweisen, sodass die im Weiteren besprochenen subjektiven Daten mit einer gewissen Vorsicht zu interpretieren sind.

Die Auswertung der Fragebögen zur Geruchsbeschreibung zeigte, dass die Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß kein verstärktes Angsterleben bewirkte, wie die gleichnamige Skala des Fragebogens zur Erfassung der Emotionalen Befindlichkeit (Basisemotionen) zeigte. Jedoch führten die Chemoreize weiblicher Spender aus der Angstsituation im Vergleich zu den Reizen aus der Sportsituation bei den Wahrnehmenden zu einem gesteigerten Ärger- sowie zu einem reduzierten Freudeerleben, wie das Antwortverhalten auf den gleichnamigen Skalen des Basisemotionsfragebogens aufzeigte. Zudem wurde der Sportschweiß gegenüber dem Angstschweiß weiblicher Spender von Frauen als bekannter und tendenziell als intensiver eingeschätzt. Es ließen sich darüber hinaus auf keiner weiteren Skala zur Geruchsbeschreibung differenzielle Effekte zwischen dem Angst- und dem Sportschweiß beobachten.

Diese Befunde deuten darauf hin, dass der weibliche Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender bei den Wahrnehmenden zu einer Intensivierung negativer Affekte (weniger „Freude“ und mehr „Ärger“) geführt hat. Im Sinne der Cannon´schen Emotionstheorie rufen Stress auslösende Ereignisse entweder Kampf- oder Flucht hervor, je nachdem, wie hoch die eigenen Ressourcen eingeschätzt werden (Cannon, 1932), ein Ansatz, welcher bis heute seine Gültigkeit besitzt (siehe Hadany, Beker, Eshel & Feldman, 2006; Mc-

Ewan & Lesley, 2002). So wurden möglicherweise die chemosensorischen Angstsignale deswegen nicht als Angst auslösend beschrieben, weil die eigenen Handlungskompetenzen während des Versuchs als hoch eingeschätzt worden. Auch Ackerl und Mitarbeiter (2002) diskutierten ihren Befund, dass Frauen an Hand von Achselschweißproben die Angstspendesituation gegenüber der Kontrollspendesituation mit „Aggression“ und nicht mit „Furcht“ assoziierten damit, dass chemosensorische Angstsignale ein gemeinsames Angst-/Aggressionssystem ansprechen.

Es stellt sich jedoch die Frage, ob das durch den weiblichen Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender hervorgerufene gesteigerte Ärgererleben und reduzierte Freudeerleben auf bekannte olfaktorische Wahrnehmungsphänomene zurückgeführt werden muss. Systematische Arbeiten mit olfaktorischen Reizen weisen darauf hin, dass die Einschätzung der hedonischen Bewertung, der Intensität und der Bekanntheit eines olfaktorischen Reizes miteinander korreliert sind (Distel, Ayabe-Kanamura, Martínez-Gómez, Schicker, Kobayakawa, Saito & Hudson, 1999; Distel & Hudson, 2001; Rouby & Bensafi, 1999). Wie oben beschrieben, wurde der Sportschweiß gegenüber dem Angstschweiß weiblicher Spender von Frauen als bekannter und tendenziell als intensiver eingeschätzt. Somit ist nicht auszuschließen, dass bei weiblichen Wahrnehmenden die Einschätzung der Eigenemotion bei der Wahrnehmung der weiblichen Chemoreize durch deren geruchliche Komponente beeinflusst ist. Bei männlichen Wahrnehmenden lassen sich hingegen keine Hinweise darauf finden, dass die Beeinflussung der Eigenemotion bei der Wahrnehmung der menschlichen Chemoreize auf olfaktorische Wahrnehmungsphänomene zurückzuführen ist. Wie die Auswertung jedoch auch zeigte, ließ sich die beschriebene Negativierung des Affekts nur dann beobachten, wenn das Antwortverhalten von Männern und Frauen gemeinsam analysiert wurde. Somit ist eine Abhängigkeit der Negativierung des Affekts, wie es bei Männern und Frauen gemeinsam beobachtet wurde, von einem geruchlichen Wahrnehmungsphänomen, wie es im Falle weiblicher Wahrnehmender denkbar ist, nicht auszuschließen. Aus diesem Grunde sollte die Negativierung des Affekts nur als möglicher Hinweis einer subjektiv-verbalen Komponente einer chemosensorischen Kommunikation von Angst interpretiert werden.

Die Zuordnungen der menschlichen Reize zu Hennig´s Geruchskategorien deuten darauf hin, dass Männer und Frauen dem Angst- und Sportschweiß grundsätzlich unterschiedliche qualitative Eigenschaften zuordnen: Während Frauen den Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß öfter als „würziger“ und insbesondere den männlichen Angstschweiß gegenüber dem männlichen Sportschweiß seltener als „fruchtig“ beschrieben haben, bewerteten

Männer hingegen die Reize genau gegenläufig. So wurde der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß seltener als „würzig“ und insbesondere der männliche Angstschweiß gegenüber dem männlichen Sportschweiß von Männern öfter als „fruchtig“ beschrieben. Darüber hinaus beschrieben Männer den männlichen Angstschweiß im Vergleich zum Sportschweiß männlicher Spender als weniger „blumig“, von Frauen wurde er hingegen öfter als „brenzlig“ beschrieben. Da sich aber die Angaben der Wahrnehmenden bezüglich des weiblichen Spendematerials zwischen der Angst- und der Sportbedingung nur geringfügig unterschieden, so sind die oben beschriebenen möglichen Intensivierungen des negativen Affekts (gesteigertes Ärgererleben sowie reduziertes Freudeerleben) durch den weiblichen Angstschweiß vermutlich nicht mit der qualitativen Geruchsbeschreibung in Verbindung zu bringen.

Im Vergleich zu den Körpergerüchen lässt sich erkennen, dass die unbenutzte Watte eher als angenehmer Reiz wahrgenommen wurde, jedoch grundsätzlich weniger das subjektive Erleben der Eigenemotion beeinflusste. So wurde Watte im Vergleich zu den Körpergerüchen in den meisten Fällen als weniger „unangenehm“ sowie als weniger „angst-, freude-, Ekel und Ärger auslösend“ beschrieben. Des Weiteren wurde Watte im Vergleich zu den Körpergerüchen in den meisten Fällen häufiger als „blumig“ und „fruchtig“, jedoch seltener als „faulig“ und „harzig“ beschrieben. Dabei zeigte sich, dass vor allem der männliche Angstschweiß im Vergleich zu „Watte“ als weniger „blumig“ beschrieben wurde – eine Beobachtung, welche vorwiegend auf die weiblichen Empfänger zurückzuführen ist. Der weibliche Angstschweiß wurde im Vergleich zu „Watte“ hingegen öfter als „harzig“ und von den weiblichen Empfängern als „würzig“ beschrieben. Ansonsten zeigte sich eher eine uneinheitliche Beschreibung der menschlichen Chemoreize und der Wattebedingung. In wie weit die hier beschriebenen Beobachtungen jedoch für oder gegen eine Kommunikation emotionaler Zustände auf subjektiver Ebene sprechen, muss aufgrund der weiter unten beschriebenen, möglichen technischen Probleme mit der Kontrastbedingung offen gelassen werden.

7.1.2 Funktionelle Bilder

7.1.2.1 ROI-Analyse (konventionelle und explorative Auswertung)

Es wurde erwartet, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß zu vermehrten Aktivierungen in der Amygdala, im BNST, im Hippokampus, im Hypothalamus und im lateralen OFK führt.

Für die Berechungen der Kontraste „Angst vs. Sport“ wurde ein konventionelles Signifikanzniveau festgelegt (ROI-Analyse α = 5% korrigiert; Gesamthirnanalyse α = 0,1 % unkorrigiert). Auf explorativer Ebene wurden für diese Kontraste die ROI-Analysen[19] erneut auf einem liberalerem Signifikanzniveau berechnet (ROI-Analyse α = 5% unkorrigiert). Die Ergebnisse dieser explorativen ROI-Analysen sollen dabei als Interpretationshilfen bei der Diskussion der Hauptanalysedaten dienen. Da in anderen bildgebenden Studien zur Untersuchung potentieller pheromonaler Substanzen mitunter Signifikanzniveaus von α = 1% (fMRT Blockdesign: Sobel et al., 1999) bis zu α = 10% (PET: Savic et al., 2001) zur Darstellung vorhergesagter Effekte verwendet wurden, scheinen die Ergebnisse der explorativen Datenanalyse unter Anwendung eines liberaleren Signifikanzniveaus interpretierbar. Hierbei ist zu beachten, dass der überwiegende Teil der Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ aufgedeckt wurde. In den entsprechenden Gegenkontrasten zeigten sich trotz des liberalen Signifikanzniveaus nur verhältnismäßig geringfügige Aktivierungen. Somit sind die hier vorliegenden Daten als ein deutlicher Hinweis zu verstehen, dass im Sinne der Vorhersage der Schweiß aus einer angstbesetzten Situation gegenüber dem Schweiß aus einer nicht-angstbesetzten Spendesituation Situation zu Mehraktivierungen vorhergesagter Strukturen des limbischen Systems (Amygdala, BNST, Hippokampus, Hypothalamus) des OFK führte. Es werden jedoch aufgrund des hohen α-Fehlers nur solche Aktivierungen zur Interpretation herangezogen, welche aus mehr als drei gemeinsam aktiven Voxeln bestehen (k > 3).

Die Auswertung der funktionellen Bilder ergab, dass unter Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Effekte der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß auf einem konventionellen Signifikanzniveau (ROI-Analyse α = 5% korrigiert, Gesamthirnanalyse α = 0,1% unkorrigiert) zu vermehrten Aktivierungen im Hippokampus und der Amygdala führten.

Männliche Wahrnehmende zeigten bei der Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß vermehrte bilaterale Aktivierungen in der Amygdala und im rechten Hippokampus. Eine weitere Aufteilung der Aktivierungsmuster hinsichtlich des Spendergeschlechts ergab, dass bei männlichen Wahrnehmenden vermehrte Aktivierungen in unmittelbarer Nähe des rechten posterioren Hippokampus bei der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes verglichen mit dem männlichen Sportschweiß auftraten. Die Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes führte gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender bei männlichen Wahrnehmenden zu einer schwachen Aktivierung in der Nähe des linken anterioren Hippokampus. Bei weiblichen Wahrnehmenden ließ sich über alle Kontraste nur eine Ak-

[19] Die Ergebnisse der zugehörigen Gesamthirnanalysen sind dem Anhang als SPM-output zu entnehmen.

tivierung in der Nähe des rechten Hippokampus erkennen, welche bei der Wahrnehmung des männlichen Sportschweißes gegenüber dem Angstschweiß auftrat.

Unter Berücksichtigung des Spendergeschlechts zeigte sich über alle Wahrnehmenden eine vermehrte Aktivierung im linken anterioren Hippokampus und näherer Umgebung bei der Wahrnehmung von weiblichem Angstschweiß im Vergleich zu Sportschweiß. Im Folgenden wird auf die Ergebnisse der konventionellen und explorativen Auswertung im Einzelnen eingegangen.

Amygdala

Eine vermehrte Amygdala-Aktivität bei der modalitätsübergreifenden Wahrnehmung bedrohlicher konditionierter/unkonditionierter Reize ist ein vielfach beschriebenes Phänomen (z.B. Birbaumer et al., 2005, Büchel et al., 1998; LaBar et al., 1998; Hugdahl et al., 1995; Doronbekov et al., 2005). Jedoch wird auch beschrieben, dass die Amygdala-Aktivität nicht nur durch die Valenz, sondern auch von der wahrgenommenen Intensität eines olfaktorischen Reizes beeinflusst ist (Anderson et al., 2003; Wilson et al., 2005). Zwar weisen die Daten zur subjektiven Beschreibung der chemosensorischen Reize darauf hin, dass Frauen den Angstschweiß im Vergleich zum Sportschweiß weiblicher Spender tendenziell als intensiver einschätzten. Dieser Befund kann jedoch nicht mit den Amygdala-Aktivierungen der männlichen Wahrnehmenden assoziiert werden sowie auch kein anderes Datum des subjektiven Antwortverhaltens mit den hier beschriebenen Amygdala-Aktivierungen in Verbindung gebracht werden kann. Wie in bildgebenden Studien gezeigt wurde, können jedoch auch subliminal dargebotene sozial relevante Reize Amygdala-Aktivitäten hervorrufen (Morris et al., 1998; 1999; Nomura et al., 2004; Phillips et al., 2004; Whalen et al., 1998). Somit könnten die hier gefundenen Amygdala-Aktivierungen als neuronales Korrelat einer präattentiven Wahrnehmung menschlicher chemosensorischer Angstsignale bei Männern interpretiert werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass die beschriebenen bilateralen Amygdala-Aktivitäten mit jeweils einem aktiven Voxel nur ein sehr geringes Ausmaß beschreiben.

Wird zur Berechnung der Kontraste ein liberales Signifikanzniveau von 5% unkorrigiert angesetzt, so zeigen sich für männliche Wahrnehmende im Kontrast „Angst > Sport“ umfangreiche, bilaterale Amygdala-Aktivierungen. Eine weitere Aufteilung der Aktivierungsmuster hinsichtlich des Spendergeschlechts ergab, dass sich für Männer bei der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes vermehrte rechtsseitige und bei der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß vermehrte linksseitige Amygdala-Aktivität beobachten ließ. Zwar wird beschrieben, dass die hedonischen Reizeigenschaf-

ten zu Lateralisierungseffekten der Amygdala-Aktivität führen (Zald, 2003), jedoch lässt sich bei männlichen Wahrnehmenden in den subjektiven Daten kein entsprechender Valenzeffekt finden. Da bislang modalitätsübergreifend bislang keine eindeutige Zuordnung der valenzspezifischen Hemisphärendominanz in der Amygdala festgestellt wurde (Baas, Aleman & Kahn, 2004; Wager, Phan, Liberzon & Taylor, 2003; Zald, 2003), wird davon abgesehen, entlang der Lateralisierung der hier beschriebenen Amygdala-Aktivität auf die möglicherweise präattentiven hedonischen Eigenschaften der Reize zu schließen.

Für Frauen als Wahrnehmende zeigte sich in keinem Kontrast eine vermehrte Amygdala-Aktivität. Da Männer und Frauen bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize wahrscheinlich keine unterschiedlichen subkortikalen Hirnareale rekrutieren (Royet et al., 2003), kann vermutet werden, dass die geschlechtsspezifische Amygdala-Aktivität weniger auf einen primären olfaktorischen Wahrnehmungsprozess, sondern mehr auf einen emotionalen Bewertungsprozess hindeutet. Bildgebende Studien zur geschlechtsspezifischen Amygdala-Aktivität zeigen zwar, dass die Amygdala-Aktivität geschlechtsspezifischen Charakter aufweisen kann (Cahill, Haier, White, Fallon, Kilpatrick, Lawrence, Potkin & Alkire, 2001; Cahill, Uncapher, Kilpatrick, Alkire & Turner, 2004; Killgore & Yurgelun-Todd, 2001). Jedoch wurde in keiner dieser Studien eine grundsätzlich vermehrte Amygdala-Aktivität bei Männern gegenüber Frauen nachgewiesen. Somit deuten die Daten darauf hin, dass der emotionale Gehalt des Angstschweißes für Männer größer ist als für Frauen – eine Diskussion, welche weiter unten noch einmal aufgegriffen wird.

Hippokampus

Hippokampale Aktivität wird neben der Speicherung deklarativer Gedächtnisinhalte (Eichenbaum, 2000; Sqiure, 1992; Tulving & Schacter, 1990) und der Wahrnehmung olfaktorischer Reize (Herz et al., 2004; Poellinger et al., 2001; Savic et al., 2000; Sobel et al., 2000) in bildgebenden Studien auch bei der Wahrnehmung sozial relevanter, aversiver Reize (in Form von angsterfüllten Gesichtsausdrücken) beschrieben (Critchley, Daly, Phillips, Brammer, Bullmore, Williams, Van Amelsvoort, Robertson, David & Murphy, 2000; Lange, Williams, Young, Bullmore, Brammer, Williams, Gray & Phillips, 2003). Es wird zudem vermutet, dass dem Hippokampus und insbesondere dem Gyrus dentatus primär die Aufgabe zukommt, bedrohliche, biologisch relevante Chemoreize in ein defensives Verhaltensprogramm umzusetzen (Vanderwolf, 2001).

Die oben beschriebenen, insgesamt eher schwach ausgeprägten hippokampalen Aktivierungsmuster gewinnen in der explorativen ROI-Analyse unter Anwendung des liberalen

Signifikanzniveaus eindrucksvoll an Bedeutung. So zeigten sich für männliche und weibliche Wahrnehmende zusammen bilaterale hippokampale Aktivitäten bei der Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß. Eine Aufteilung dieser Effekte nach dem Wahrnehmendengeschlecht machte deutlich, dass diese Aktivierungsmuster hauptsächlich auf die männlichen Wahrnehmenden zurückzuführen sind. Nach einer weiteren Differenzierung der Effekte hinsichtlich des Spendergeschlechts zeigten sich für Männer bei der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes nur noch rechtsseitige Aktivitäten, hingegen führte die Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes zu linksseitig dominanten hippokampalen Aktivierungen. Bei weiblichen Wahrnehmenden ließ sich beobachten, dass die männlichen Chemoreize kaum hippokampale Aktivierungen hervorriefen, jedoch, wie im Falle männlicher Wahrnehmender, der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender zu linksseitig dominanten Hippokampus-Aktivierungen führte. Trotz der relativ hohen räumlichen Auflösung der fMRT wird in den meisten Studien davon abgesehen, Aktivierungen kleineren umschriebenen Hirngebieten zuzuordnen. Da in dieser Arbeit Aktivierungsbilder mit einer Auflösung von 3 mm und relativ großem Bildausschnitt aufgezeichnet wurden, können keine Aussagen darüber getroffen werden, ob die BOLD-Reaktionen dem Gyrus dentatus zuzuschreiben sind, welcher wie Vanderwolf (2001) vermutet, an der Wahrnehmung chemosensorischer Alarmsignale entscheidend beteiligt ist.

Weibliche Wahrnehmende zeigten bei der Wahrnehmung des weiblichen Sportschweißes gegenüber dem Angstschweiß vermehrte rechtslaterale Aktivierungen in der Nähe des medialen Hippokampus. Wie die Auswertung der subjektiven Daten ergab, beschrieben Frauen den Sportschweiß im Vergleich zum Angstschweiß weiblicher Spender als bekannter und tendenziell auch als intensiver ein. Zwar wurde in bildgebenden Studien hippokampale Aktivität beim Abruf von Geruchsassoziationen beschrieben (Herz, Eliassen, Beland & Souza, 2004; Gottfried, Smith, Rugg & Dolan, 2004), jedoch sind diese Aktivitäten eher dem anterioren Bereich des Hippokampus zuzuordnen. Savic (2001, 2002) vermutet hingegen, dass der rechte Hippokampus weniger in Geruchsgedächtnisleistungen involviert und eher an der Einschätzung der Geruchsqualität beteiligt ist. Wie zudem Zald und Pardo (2000) beschrieben, rufen nur hinlänglich intensive Gerüche auch hippokampale Aktivität hervor. Somit scheint die hier beschriebene rechtsseitige hippokampale Aktivität weniger auf Geruchsgedächtnisprozesse, sondern mehr auf die stärkeren geruchlichen Eigenschaften des Sportschweißes gegenüber dem Angstschweiß weiblicher Spender zurückzuführen zu sein.

Zusammenfassend verweisen die Daten darauf, dass Angstschweiß männlicher Spender bei Männern und Frauen vornehmlich rechtsdominante, der Angstschweiß weiblicher

Spender eher linksdominante hippokampale Aktivierungen hervorruft. Wie bereits in der Auswertung der subjektiven Daten deutlich wurde, bewirkt der weibliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender ein reduziertes Freude- sowie ein gesteigertes Ärgererleben. Die linksseitigen hippokampalen Aktivitäten könnten also das neuronale Korrelat einer durch weibliche chemosensorische Angstsignale induzierten Negativierung des Affekts darstellen. Die Tatsache, dass nur der weibliche Angstschweiß eine subjektiv wahrnehmbare Veränderung des Affekts hervorrufen, ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass Prozesse der Sprachwahrnehmung und –produktion eher linkslateral lokalisiert sind (z.B. Knecht, Deppe, Dräger, Bobe, Lohmann, Ringelstein & Henningsen, 2000; Pujol, Deus, Losilla & Capdevila, 1999) und somit die emotionale Beeinflussung durch den Angstschweiß weiblicher Spender im Vergleich zum Angstschweiß männlicher Spender leichter verbalisiert werden konnte. Vor dem Hintergrund, dass Wager und Mitarbeiter (2003) in einer Meta-Studie keinen valenzspezifischen Lateralisierungseffekt im Temporallappen (einschließlich Hippokampus) feststellen konnten, deuten diese Befunde darauf hin, dass der Angstschweiß weiblicher Spender für Männer und Frauen, hingegen der Angstschweiß männlicher Spender nur für männliche Spender eine höhere Relevanz besitzt, verglichen mit den jeweiligen menschlichen Kontrollreizen.

Während unter Anwendung des geforderten Signifikanzniveaus (ROI-Analyse $\alpha = 5\ \%$ korrigiert) in keiner weiteren ROI oder deren näherer Umgebung eine Aktivierung gefunden wurde, verwies die explorative ROI-Analyse mit einem liberalen Signifikanzniveau ($\alpha = 5\ \%$ unkorrigiert) auf Aktivierungen in allen weiteren ROI´s.

BNST

Wie die explorative Datenanalyse zeigte, ließen sich für weibliche Wahrnehmende vermehrte Aktivierungen des BNST rechtsseitig aufdecken. Hingegen ergab sich weder für männliche Wahrnehmende Aktivierungen im BNST noch erbrachte eine weitere Aufteilung der Effekte entlang des Spendergeschlechts weitere Hinweise.

Die „extended Amygdala“ als Kernverbund, bestehend aus BNST und ZK, stellt ein neuronales Kontinuum zur Generierung defensiver behavioraler und autonomer Reaktionen infolge der Wahrnehmung konditionierter und unkonditionierter Reaktionen dar (Alheid et al., 1995; Amaral et al., 1992; Campeau & Davis, 1995; Davis, 2004; Pitkänen, 2004; Walker und Davis, 1997). Unter der Annahme, dass BNST und Amygdala eine funktionelle Einheit bei der Wahrnehmung emotionaler Reize darstellen, scheinen die oben beschriebenen ge-

schlechtsspezifischen Befunde zur Amygdala-Aktivität zu den hier beschriebenen BNST-Aktivierungen widersprüchlich. In bildgebenden Untersuchungen wurde der Zusammenhang zwischen emotionalen Reaktionen und Aktivierungen des BNST/Substantia innominata (über welche der ZK mit dem BNST reziprok verbunden ist; Amaral, Price, Pilkanen & Carmichael, 1992) bislang nur für männliche Primaten (Kalin, Shelton & Davidson, 2004; Kalin, Shelton, Fox, Oakes & Davidson, 2005) bzw. nur für Männer beschrieben (fMRT: Whalen et al., 1998; PET: Cahill et al., 1996; Morris et al., 1997). Vor diesem Hintergrund lassen diese Ergebnisse eine geschlechtsspezifische zentralnervöse Wahrnehmung menschlicher chemosensorischer Angstsignale innerhalb der „extended Amygdala“ nur vermuten.

Der BNST stellt im Tiermodell eine zentrale Struktur dar, auf welche Afferenzen des AOB projizieren und wird somit als Teil eines pheromonalen Wahrnehmungssystems gezählt (Brennan & Keverne, 2003; Campenhausen & Mori, 2000), über welches chemosensorisch Defensivreaktionen vermittelt werden (Dielenberg & McGregor, 2001; Fendt et al., 2003). Somit könnten die Daten darauf hinweisen, dass bei Frauen chemosensorische Angstsignale ein spezifisch pheromonales Wahrnehmungssystem ansprechen, bei Männern hingegen die Wahrnehmung der Angstsignale eher das olfaktorische System erfolgt. Jedoch kann aufgrund der trotz des liberaleren Signifikanzniveaus eher geringen Aktivierungen im BNST ein solcher Zusammenhang weiterhin nur vermutet werden.

OFK

Im Experiment zur Methodenvalidierung wurde gezeigt, dass der Schweiß männlicher Spender zu bilateralen (ausgeprägten linksseitigen und schwächeren rechtsseitigen) Aktivierungen des lateralen OFK führte. Da in dieser Vorstudie der Schweiß gegenüber der Kontrastbedingung („Watte“) als intensiver und unangenehmer bewertet wurde, ließen sich vor allem die linksseitigen OFK-Aktivierungen als viel beschriebener, valenzspezifischer Effekt interpretieren (Anderson et al., 2003; de Araujo et al., 2005; Zald & Pardo, 1997; Zald et al., 1998; Zelano & Sobel, 2005).

OFK-Aktivitäten ließen sich in der Hauptuntersuchung nur unter Anwendung des liberalen Signifikanzniveaus finden. Hierbei zeigten sich über alle Vpn bei der Wahrnehmung des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß deutliche Aktivierungen im rechten lateralen OFK. Unterteilte man die Stichprobe nach dem Wahrnehmendengeschlecht, so blieben diese rechtsseitig dominanten Aktivierungen im lateralen OFK für Männer und Frauen weiterhin bestehen. Eine weitere Differenzierung der Aktivierungen entlang des Spendergeschlechts

ergab, dass rechtsseitige OFK-Aktivität bei Männern durch den männlichen und bei Frauen durch den weiblichen Angstschweiß hervorgerufen wurde.

Viele bildgebende Studien zur Wahrnehmung olfaktorischer Reize verweisen darauf, dass rechtsseitige OFK-Aktivierungen weniger mit der emotionalen Bewertung, als vielmehr mit der Wiedererkennung eines Geruches assoziiert sind (Royet et al., 2000; Royet et al., 1999; Zald & Pardo, 1997; Royet et al., 2001; Royet, et al., 2003; Jones-Gotman & Zatorre, 1993; Dade, Jones-Gotman, Zatorre & Evans, 1998; Savic & Gulyas, 2000). Tatsächlich ließen sich hier im Hauptversuch Unterschiede in der subjektiven Bekanntheitseinschätzung zwischen dem Angst- und dem Sportschweiß beobachten, jedoch konnten diese nur für weibliche, nicht aber für männliche Wahrnehmende nachgewiesen werden. Es muss jedoch bei der Zuordnung der Gedächtnisfunktion zum rechten OFK berücksichtigt werden, dass rechtsseitige OFK-Aktivität grundsätzlich durch Gedächtnisprozesse und nicht nur durch eine erfolgreiche Wiedererkennung von Geruchsreizen evoziert ist (z.B. Dade et al., 1998, Royet et al., 2001; Savic & Gulyas, 2000). Zudem ist nicht auszuschließen, dass ein möglicher Gedächtniseffekt auch erst im Verlauf des Scanvorgangs eingetreten sein könnte. Somit wäre zu vermuten, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß intrasexuell vermehrte Gedächtnisprozesse angeregt hat.

Wie die Auswertung der funktionellen Bilder weiter zeigte, rief der weibliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender bei Männern vermehrte Aktivität im linken lateralen OFK, bei Frauen im anterioren OFK hervor. Vor dem Hintergrund, dass der linke laterale OFK mit der Wahrnehmung unangenehmer olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht wird (z.B. Anderson et al., 2003; Royet et al., 2000), lassen die Daten vermuten, dass der weibliche Angstschweiß für Männer ein unangenehmer Reiz darstellte. Interpretiert man die Angaben der subjektiven Daten auf den Skalen „Freude“ und „Ärger“ dahingehend, als dass der weibliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß als negativer Reiz wahrgenommen wurde, so lassen sich die funktionellen und subjektiven Daten für männliche Wahrnehmende miteinander in Beziehung setzen – für weibliche Wahrnehmende nicht. Aktivierungen im anterioren OFK wurden bereits im Experiment zu Methodenvalidierung im Kontrast „Körperschweiß > Watte“ und im Kontrast „PEA > Watte“ beobachtet. Da dort PEA als angenehmer und der Schweiß als unangenehmer Geruch beschrieben wurden, so könnte der anteriore OFK (bei Frauen) valenzunspezifisch an der Wahrnehmung chemosensorischer Reize beteiligt zu sein. Aktivierungen im medialen OFK wurden nicht aufgedeckt. Auch konnte eine explorative Datenanalyse zur „Signalsuche im medialen OFK“ keine weiteren interpretierbaren medialen OFK-Aktivitäten identifizieren. Aufgrund der Ergebnisse der

explorativen Analyse zur „Signalsuche im medialen OFK“ wurde darauf geschlossen, dass weniger Suszeptibilitätsartefakte zu Signalauslöschungen geführt haben, als vielmehr im medialen OFK tatsächlich keine differenziellen BOLD-Reaktionen erfasst wurden.

Hypothalamus

In der explorativen Datenanalyse wurden sowohl für Männer als auch für Frauen Aktivierungen im Bereich des ventromedialen Hypothalamus bei der Wahrnehmung von Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß gefunden. Eine weitere Aufteilung der Aktivierungsmuster entlang des Spendergeschlechts ergab, dass nur der Angstschweiß männlicher Spender bei weiblichen Wahrnehmenden eine vermehrte hypothalamische Aktivität hervorrief.

Der Hypothalamus, als oberste Organebene der HHNA und der HGA, dient der intraindividuellen Adaptation autonomer Prozesse infolge der Wahrnehmung emotional relevanter Reize (Davis, 2004; LeDoux et al., 1988; Armony & LeDoux, 2000; LeDoux, 2000; Christiansen, 1998; 1999; Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Auch wurden in bildgebenden Studien hypothalamische Aktivitäten bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize beschrieben, wobei vermutet wird, dass der Hypothalamus grundsätzlich bei der Bewertung des emotionalen Gehalts der Gerüche, nicht aber bei der Bewertung der Geruchsintensität involviert ist (z.B. fMRT: Gottfried et al, 2002; Wang et al.., 2005; PET: Zatorre et al., 2000; Royet et al., 2003). Vor diesem Hintergrund sind die Mehraktivierungen im Hypothalamus als Ausdruck der Wahrnehmung eines emotional bedeutsamen Reizes zu interpretieren. Da sich in den subjektiven Daten jedoch keine Anhaltspunkte dafür finden lassen, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß unterschiedliche hedonische Eigenschaften besitzt, so kann dies bedeuten, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß implizit zu vermehrten emotionalen Bewertungsprozessen geführt hat, ohne dass diese Bewertungsprozesse eine emotionale Einschätzung der Reize nachweisbar beeinflusst haben.

Darüber hinaus wurde in bildgebenden Studien hypothalamische Aktivität auch bei der Wahrnehmung potentieller Pheromone (AND, EST, PH15) beschrieben (Berglund, Lindström & Savic, 2006; Jacob, et al., 2001; Savic, Berglund, Gulyas & Roland, 2001; Savic Berglund & Lindström, 2005; Sobel et al., 1999). Von diesen Substanzen wird nur AND in der menschlichen Achselhöhle sezerniert und gilt beim Tier als männliches Sexualpheromon (Hays, 2003; Pause, 2004b). Da in dieser Studie die AND-Konzentration im Achselschweiß nicht gemessen wurde und - wie weiter unten noch ausgeführt wird – es zudem unwahrscheinlich erscheint, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß eine höhere AND-

Konzentration aufweist, werden die hier beschriebenen hypothalamischen Aktivierungen nicht auf die Wahrnehmung von AND zurückgeführt.

7.1.2.2 Gesamthirnanalyse

Parallel zur ROI-Analyse wurde eine Gesamthirnanalyse eingesetzt, um hypothesengenerierend solche Strukturen zu erfassen, welche über die ROI´s hinaus an der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beteiligt sein könnten. Die Berechnung der Kontraste erfolgte auf dem konventionellen Signifikanzniveau ($p = 0{,}001$).

In der Gesamthirnanalyse fiel auf, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß grundsätzlich zu stärkeren und vielfältigeren Aktivierungen in subkortikalen und kortikalen Bereichen geführt hat – ein Befund, welcher sich auch schon in den oben beschriebenen ROI-Analysen andeutete. Somit stehen diese Befunde im Einklang mit vielen Studien, die zeigen, dass emotional bedeutsame Reize gegenüber neutralen Reizen zu grundsätzlich gesteigerten zentralnervösen Aktivierungen führen (zur Übersicht siehe Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2004). Es zeigte sich weiterhin, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß primär zu Aktivierungen der rechten Hemisphäre geführt haben – hingegen die Gegenkontraste vorwiegend linksseitige Aktivierungsmuster aufdeckten (Ausnahmen hiervon stellen vor allem die oben beschrieben bilateralen Aktivierungen in den ROI´s in den Kontrasten „Angst > Sport“ dar). Die Annahmen, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß zu einer Aktivierung von Verhaltensrückzugstendenzen führt, findet somit in Modellen zur valenzspezifischen Reizverarbeitung Unterstützung: Hierbei wird angenommen, dass appetetive Reize, welche Annäherungsverhalten hervorrufen, zu eher linkshemisphärischer Aktivierung führen, hingegen rufen aversive Reize, welche ein Rückzugverhalten initiieren, eher rechtshemisphärische bis bilaterale Aktivität hervor (Davidson et al., 1990; Davidson & Irwin, 1999; Murphy, Nimmo-Smith & Lawrence, 2003; Zald, 2003).

Wie sich schon in den ROI-Analysen andeutete, zeigt die Gesamthirnanalyse eindrucksvoll, dass sich Männer und Frauen in ihren Eigenschaften als Signalwahrnehmende deutlich zu unterscheiden scheinen. So ließen sich für männliche Wahrnehmende insgesamt mehr lokale Maxima mit durchschnittlich höheren t-Werten beobachten, verglichen mit den Aktivierungsmustern, welche mit weiblichen Wahrnehmenden gemeinsam bzw. nur bei weiblichen Wahrnehmenden aufgedeckt wurden. Es könnte hier argumentiert werden, dass die chemosensorischen Reize in Abhängigkeit der Spendebedingung bei Männern Aktivierungen in unterschiedlichen Hirnregionen hervorrufen, bei Frauen hingegen keine differenziellen neuronalen Netzwerke ansprechen. Vor dem Hintergrund einer eher uneinheitlichen

Befundlage zur geschlechtsspezifischen Wahrnehmung olfaktorischer Reize (Royet, Plailly, Delon-Martin, Kareken & Segebarth, 2003) können die geschlechtsspezifischen Aktivierungen nicht gesichert auf olfaktorisch-sensorische Wahrnehmungsprozesse zurückgeführt werden. Da jedoch die Wahrnehmung von Gerüchen immer auch eine emotionale Komponente besitzt (Pause, 2002), ist zu überlegen, ob die Geschlechtseffekte bei der Wahrnehmung olfaktorischer Reize auf eine unterschiedliche Verarbeitung emotionaler Reize zurückzuführen sind. Im Einklang mit den hier in der Arbeit beobachteten Geschlechtseffekten bei der Wahrnehmung des Angstschweißes und des Sportschweißes beschrieben Kesler-West und Mitarbeiter (Kesler-West, Andersen, Smith, Avison, Davis, Kryscio & Blonder, 2001), dass sich nur bei Männern unterschiedliche BOLD-Reaktionen infolge der Wahrnehmung emotionaler vs. neutraler Gesichter beobachten ließen – bei Frauen hingegen ließen sich keine unterschiedlichen Reaktionen zwischen den emotionalen und neutralen Gesichtsausdrücken feststellen. Die Autoren vermuten, dass Männer bei der Wahrnehmung differentieller emotionaler Gesichtausdrücke im Vergleich zu Frauen vermehrt neuronale Ressourcen rekrutieren müssen, was wiederum mit der Beobachtung konform geht, dass Frauen im Vergleich zu Männern bei der Bewertung emotionaler Gesichtsausdrücke bessere Leistungen zeigen (Hall & Matsumoto, 2004). In einer aktuelleren fMRT-Studie wurde gezeigt, dass spezifisch bei der Wahrnehmung von furchtrelevanten Reizen Männer deutlichere Aktivierungsmuster aufweisen als Frauen (Schienle, Schäfer, Stark, Walter & Vaitl, 2005). Hier wurde argumentiert, dass die Furcht auslösenden Bilder eine aggressive Komponente besaßen, welche für Männer wiederum eine größere Relevanz besitzt als für Frauen. Somit könnte der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß bei Männern im Vergleich zu Frauen handlungsrelevanter und somit Ressourcen einfordernder verarbeitet worden sein.

Bei der Berechnung der Kontraste unter Berücksichtigung des Spendergeschlechts fiel auf, dass für Männer und Frauen jeweils dann die stärksten Aktivierungen (d.h. die höchsten t-Werte der lokalen Maxima) erreicht wurden, wenn die Kontraste auch nach dem Spendergeschlecht – also im der höchsten Auflösungsgrad – berechnet wurden. So führte bei Männern die Wahrnehmung von Angstschweiß gegenüber Sportschweiß männlicher Spender zu den umfangreichsten Aktivierungen (im Gyrus supramarginalis) – im Gegenkontrast sowie in den Kontrasten für weibliches Spendematerial hingegen zeigten sich keine oder nur vergleichsweise geringe Effekte. Bei Frauen wiederum wurden die größten Aktivierungen bei der Wahrnehmung von Sportschweiß im Vergleich zum Angstschweiß weiblicher Spender gefunden (in der Nähe des Sulcus collateralis / Hippokampus, s.o.). Somit deuten die Daten darauf hin, dass die Wahrnehmung gleichgeschlechtlicher Chemoreize grundsätzlich eher zu dif-

ferenzierteren Aktivierungsmustern führt als die Wahrnehmung gegengeschlechtlicher Chemoreize.

Hervorzuhebende Aktivierungen

Zu den auffälligsten Aktivierungsmustern der Gesamthirnanalyse zählten wohl Aktivierungen in Regionen des inferioren Temporallappens (Gyrus fusiformis), des Mesenzephalons (Substantia nigra), im Pulvinar und im Somatosensorischen Kortex.

Gyrus fusiformis

Der Gyrus fusiformis ist eine Struktur des inferioren Temporallappens, welcher – wie bildgebende Studien übereinstimmend zeigen – an der Wahrnehmung sozial relevanter Reize beteiligt ist (z.B. de Gelder, Snyder, Greve, Gerard & Hadjikhani, 2004; Hadjikhani & de Gelder, 2003; Peelen & Downing, 2004; Williams, Das, Liddell, Olivieri, Peduto, Brammer & Gordon, 2005). Zwar wird in Modellen der sozialen Kognition der Gyrus fusiformis als Modul zur basalen, emotionsunspezifischen Erkennung von sozial relevanten Reizen beschrieben (siehe Adolphs, 2001; Haxby, Hoffman & Gobbini, 2000), jedoch scheint er dennoch auch mit der Enkodierung emotional bedeutsamer, sozialer Reize beteilig zu sein. So führte beispielsweise im fMRT-Experiment die Darbietung von angsterfüllten Gesichtern zu rechtsseitigen und die Darbietung von Personen in geängstigter Körperhaltung (bei maskiertem Gesicht) zu bilateralen Aktivierungen im Gyrus fusiformis gegenüber entsprechender Kontrollbedingungen (de Gelder et al., 2004; Hadjikhani & de Gelder, 2003; Williams et al., 2005). In der hier vorliegenden Arbeit wurden vermehrte rechtslaterale Aktivierungen des Gyrus fusiformis durch den Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß bei männlichen Wahrnehmenden beobachtet. Dabei scheint das Spendematerial männlicher Spender im Vergleich zu weiblichen Spendern zu größeren Aktivierungsmustern zu führen, wie die zugehörigen t-Werte verdeutlichen. Somit scheinen bei männlichen Wahrnehmenden chemosensorische Angstsignale gleichgeschlechtlicher Spender in solchen Regionen vermehrte Aktivierungen hervorzurufen, welche grundsätzlich an der Wahrnehmung sozialer/angstrelevanter, visueller Reize beteiligt sind.

Substantia nigra

In der vorliegenden Arbeit wurden vor allem für männliche Wahrnehmende in den Kontrasten „Angst > Sport“ rechtsseitige mesenzephale Aktivierungen gefunden, welche der Substantia nigra zuzuschreiben sind. Wie bildgebende Studien zur Wahrnehmung olfaktorischer Reize

zeigen, wurden Aktivierungen im Mesenzephalon (Substantia nigra) rechtslateral bei der Bestimmung der Geruchsqualität und der Wiedererkennung von Gerüchen beobachtet (PET: Savic et al., 2000). In einem Modell zentralnervöser Strukturen zur Bildung stabiler Gedächtnisspuren werden die dopaminerge Struktur der Substantia nigra (Pars compacta), deren Neurone in das Striatum projizieren, als wichtiges Modul im Zusammenspiel mit dem ventralen Tecmentum, dem Hippokampus, dem Striatum und dem präfrontalen Kortex beschrieben (Lisman & Grace, 2005; Lisman & Otmakhova, 2001; Zilles & Rehkämper, 1998). Zwar lassen sich in den subjektiven Daten keine Hinweise auf einen Gedächtnisbildungsprozess finden, jedoch ist zu bedenken, dass die chemosensorischen Reize im Anschluss an den Scanvorgang nicht erneut hinsichtlich ihrer Bekanntheit bewertet wurden. Somit kann nur vermutet werden, dass während des Scanvorgangs auch ein (subjektiv beschreibbarer) Gedächtnisbildungsprozess stattgefunden hat.

Neben der Beteiligung an Gedächtnisprozessen stellt der dopaminerge Teil der Substantia nigra auch ein wichtiges Modul bei der Wahrnehmung von Reizen dar, welche mit einem Belohnungswert assoziiert sind (Wise, 2004; Wittmann, Schott, Guderian, Frey, Heinze & Düzel, 2005). Jedoch sprechen die subjektiven Daten nicht dafür, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß einen höheren Belohnungsgehalt besitzt. Im Gegenteil führte, wie bereits beschrieben, der Angstschweiß weiblicher Spender im Vergleich zum weiblichen Sportschweiß zu einer Reduzierung des subjektiven Freude- und einer Intensivierung des Ärgererlebens.

Zwar hält die Substantia nigra bilaterale Projektionen zum zentralen Kern der Amygdala aufrecht (Aggleton & Saunders, 2004), jedoch scheint sie an der unmittelbaren Wahrnehmung von emotionalen Reizen kaum beteiligt zu sein. Hingegen gilt das periaquäduktale Höhlengrau als prominente Struktur des Mesenzephalons, welches an der Initiierung motorischer Defensivreaktionen entscheidend beteiligt ist (Armony & LeDoux, 2000; Davis, 2004; Davis, Walker & Lee, 1997). Da das periaquäduktale Grau in näherer Nachbarschaft der Substantia nigra – jedoch weiter kaudal – gelegen ist (Mai et al., 1997), wurde in einer explorativen Datenanalyse überprüft, ob ein Problem bei der Normalisierungsprozedur zur einer Fehllokalisation der mesenzephalen Aktivierungen geführt haben könnte. Hierzu wurde ein alternatives Normalisierungsverfahren auf die Daten angewendet, bei welchem die Normalisierung der funktionellen Bilder nicht über das anatomische MNI-Template (Talairach & Tournoux, 1988), sondern über das funktionelle MNI-Template (Collins, Zijdenbos, Kollokian, Sled, Kabani, Holmes & Evans, 1998) erfolgte. Wie jedoch die Anwendung der alternativen Normalisierungsmethode zeigte, sind die mesenzephalen Aktivierungen tatsächlich dem Be-

reich der Substantia nigra zuzuschreiben. Somit erscheint es auch unwahrscheinlich, dass die mesenzephalen Aktivierungen den trigeminalen Kernen des Mittelhirns zuzuschreiben sind, welche ebenfalls weiter kaudal zur Substantia nigra liegen und, wie bildgebende Studien gezeigt haben, an der Wahrnehmung trigeminaler Reize beteiligt sind (fMRT: Hummel et al., 2005; PET: Savic, Gulyas & Berglund, 2002b)

Pulvinar

Im Vergleich zum Sportschweiß rief der Angstschweiß männlicher Spender vermehrte Aktivität im thalamischen Bereich des Pulvinar hervor. Das Pulvinar liegt posterior, medial und dorsal zum Corpus geniculate und hält dichte bilaterale Projektionen zum visuellen System und zur Amygdala aufrecht (Adolphs, 2002; Grieve, Acuña & Cudeiro, 2000). Das Pulvinar wird zwar grundsätzlich mit der selektiven Aufmerksamkeit auf bedeutsame visuelle Reize in Verbindung gebracht (Grieve, Acuña & Cudeiro, 2000), jedoch werden Pulvinar-Aktivierungen auch spezifisch bei der Wahrnehmung sozial bedeutsamer Reize, welche mit Furcht assoziiert sind, beobachtet (konditionierter und unkonditionierter Angstgesichter, Personen in geängstigter Körperhaltung; siehe Critchley et al., 2000; de Gelder et al., 2004; Morris et al., 1999). In einem Modell zur Wahrnehmung sozial relevanter Reize von Liddell und Mitarbeitern stellt das Pulvinar sogar eine entscheidende Komponente bei der präattentiven Wahrnehmung von subliminal dargebotenen geängstigten Gesichtern dar (Liddell, Brown, Kemp, Barton, Das, Peduto, Gordon & Williams, 2005). Somit sind die Mehraktivierungen im Pulvinar im Kontrast „Angst > Sport“ bei männlichen Spendern als weiterer Hinweis auf die soziale Relevanz des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß zu werten. Ob nun das Pulvinar doch multimodal an der Wahrnehmung von sozial relevanten Reizen beteiligt ist, oder ob die Wahrnehmung von chemosensorischen Angstsignalen zu einer gesteigerten Aufmerksamkeit gegenüber visuellen Reizen geführt hat, ist an dieser Stelle nicht zu klären.

Somatosensorischer Kortex und der Gyrus supramarginalis

In der Gesamthirnanalyse zeigten sich für männliche Vpn bei der Wahrnehmung von Angstschweiß gegenüber Sportschweiß männlicher Spender vermehrte rechtsseitige Aktivierungen im Sulcus postcentralis sowie im Gyrus parietalis und im Gyrus supramaginalis. Letztere Aktivierungen erstrecken sich großflächig bis in den Gyrus postcentralis hinein. Im Gyrus postcentralis ist der Somatosensorische Kortex lokalisiert, welcher sich als primärer Sensorischer Kortex (S I) über die Brodmann-Areale 1-3 erstreckt. Hierzu ventrokaudal findet sich ein Rindengebiet, welches als sekundärer Somatosensorischer Kortex (S II) bezeichnet wird.

Zusammen dienen diese Regionen der zentralen Repräsentation somatosensorischer Vorgänge, welche schmerzhafte, d.h. auch trigeminale Wahrnehmungsprozesse einschließen (Zilles & Rehkämper, 1998). Mittels bildgebender Verfahren wurde übereinstimmend gezeigt, dass somatischer Schmerz die Regionen S I und S II aktiviert (siehe Peyron, Laurent & Garcia-Larrea, 2000). Jedoch ließ sich bislang eine Beteiligung des Somatosensorischen Kortex an der Wahrnehmung intranasal dargebotener trigeminaler Reize nicht robust darstellen (Hummel, 2005; Savic, Gulyas & Berglund, 2002b). Hummel und Mitarbeiter (2005) vermuten, dass trigeminale Reize modalitätsspezifisch kortikale Bereiche aktivieren und somit intranasal dargebotene trigeminale Reize eher durch ein (übergeordnetes) chemosensorisches und weniger ein spezifisch trigeminales System wahrgenommen werden und somit eher nicht im Somatosensorischen Kortex repräsentiert sind. Somit scheinen die Aktivierungen nicht Ursprung trigeminaler Wahrnehmungsprozesse zu sein.

Wie Patientenstudien jedoch zeigen, stellen rechtsseitige somatosensorische Kortexareale einen wichtigen neuronalen Verbund bei der Wahrnehmung sozial relevanter Reize dar. So wurde festgestellt, dass Personen mit Läsionen in S I / S II und im daran anschließenden anterioren Gyrus supramarginalis beeinträchtigt waren, den emotionalen Gehalt von Gesichtsausdrücken (Adolphs, Damasio, Tranel, Cooper & Damasio, 2000) oder Stimmen (siehe Adolphs, 2001) zu bewerten. Somit unterstützen diese Studien die Annahme, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß eine höhere soziale/emotionale Bedeutsamkeit besitzt. Allerdings scheint diese Relevanz geschlechtsspezifisch sowohl auf Spender- sowie Wahrnehmendenseite nur für das männliche Geschlecht zu gelten.

7.1.3 Explorative Datenanalyse: Soziale Ängstlichkeit

Wie kürzlich von Pause und Mitarbeitern gezeigt wurde (Adolph et al., 2007; Orth et al., 2005 a, b) führen menschliche chemosensorische Angstsignale bei Personen, welche sich als sozial ängstlich (nicht phobisch) beschrieben haben, zu stärkeren Schreckreaktionen als im Vergleich dazu bei einer sozial nicht-ängstlichen Kontrollgruppe. Diese Daten weisen darauf hin, dass der emotionale negative Gehalt der menschlichen chemosensorischen Angstsignale für Personen mit Sozialer Ängstlichkeit größer ist als für nicht-ängstliche Personen

In einer explorativen Datenanalyse sollte überprüft werden, ob Soziale Ängstlichkeit als nicht pathologischer Persönlichkeitswesenszug einen bildhaft darstellbaren Einfluss auf die Wahrnehmung chemosensorische Angstsignale haben könnte. Zu diesem Zweck wurde die Stichprobe der Wahrnehmenden entlang des SIAS über einen Median-Split in zwei Gruppen eingeteilt („SIAS-hochscorende“ und „SIAS-niedrigscorende“). Da in den vorangegange-

nen Analysen auffiel, dass sich die deutlichsten Aktivierungsmuster unter Berücksichtigung des Spender- und Wahrnehmendengeschlecht beobachten ließen, wurden hier die Kontraste entsprechend in der höchsten Auflösung berechnet. Hierzu wurden vier einzelne First-Level-Designs aufgesetzt („SIAS-niedrigscorende Männer“, „SIAS-niedrigscorende Frauen“, „SIAS-hochscorende Männer“ und „SIAS-hochscorende Frauen“), über welche sowohl ROI- als auch eine Gesamthirn-Analyse auf einem konventionellen Signifikanzniveau berechnet wurden. Da sich in den vorangegangenen Analysen gezeigt hat, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß hauptsächlich zu Hyperaktivierungen geführt hat, die Gegenkontraste meist keine aussagekräftigen Aktivierungsmuster aufzeigten, so beschränkte sich diese explorative Datenanalyse auf eine Berechnung der Kontraste „Angstschweiß > Sportschweiß“.

Die Auswertung der ROI- und Gesamthirnanalysen ergab, dass bei „SIAS-hochscorenden“ weiblichen Wahrnehmenden der weibliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender zu einer auffälligen, linksseitigen Mehraktivierung im anterioren Hippokampus geführt hat, der Angstschweiß männlicher Spender hingegen vermehrte Aktivierungen im anterioren OFK hervorgerufen hat. Bei „SIAS-niedrigscorenden“ Vpn zeigten sich nur für Männer im Falle der Wahrnehmung von weiblichem Angstschweiß im Vergleich zum Sportschweiß weiblicher Spender eine kleinere Aktivierung, welche in der Nähe des posterioren Hippokampus (jedoch mit einem Maximum in der Weißen Substanz) zu finden ist. Zur Klärung der Frage, ob die in den ROI´s gefundenen Aktivierungen möglicherweise mit subjektivem Antwortverhalten in Verbindung zu bringen sind, wurden die subjektiven Daten einer Reanalyse unterzogen. Dabei wurde nur auf die Vergleiche fokussiert, welche mit den hier beschriebenen ROI-Aktivierungen in Verbindung gebracht werden könnten. Wie jedoch die hypothesengeleitete Reanalyse ergab, zeigte sich auf keiner Skala (Qualitative/quantitative/emotionale Geruchsbeschreibung) ein bedeutsamer Effekt. Im Folgenden wird auf die Ergebnisse der funktionellen Bilder genauer eingegangen.

Hippokampus

Vor dem Hintergrund, dass der Hippokampus eine Struktur darstellt, welche bei Patienten mit Sozialer Phobie entscheidend an der Wahrnehmung sozial relevanter Reize beteiligt ist (Birbaumer et al., 1998; Cannistraro & Rauch, 2003; Schneider et al., 1999 sowie möglicherweise primär der Wahrnehmung biologisch bedeutsamer Reize dient (Vanderwolf, 2001) und zudem an der Initiierung unkonditionierter Defensivreaktionen beteiligt sein kann (Davis et al., 1997; Lee & Davis, 1997a, b), so deuten die Daten darauf hin, dass vor allem der Angstschweiß

weiblicher Spender für „SIAS-hochscorende“ Frauen eine hohe emotionale Relevanz besitzt. Bei den Arbeiten von Pause und Mitarbeitern wurde deutlich, dass im Vergleich zum Angstschweiß weiblicher Spender vor allem der Angstschweiß männlicher Spender bei sozial ängstlichen Frauen und Männern zu einer gesteigerten Schreckreaktion geführt hat (Adolph et al., 2007; Ohrt et al., 2005 a, b). Die hier vorliegenden Daten sind dabei nicht als Widerspruch, sondern als Ergänzung der von Pause und Mitarbeitern beschriebenen Ergebnisse zu verstehen. So ist zu beachten, dass aufgrund eines konservativ gewählten Cut-off Wertes (Mittelwert der Eichstichprobe + 0,6 SD) die in dieser Arbeit untersuchte Stichprobe der „SIAS-hochscorenden“ nicht mit den sozial ängstlichen Vpn aus der Arbeit von Pause und Mitarbeitern verglichen werden kann. Dort wurden solche Personen als Sozial Ängstlich eingestuft, welche auf dem SIAS einen Wert > 22 aufwiesen [der SIAS-Mittelwert der Sozial Ängstlichen bei Pause und Mitarbeitern lag bei 29,3]. Tatsächlich setzte sich die Gruppe der Sozial nicht-ängstlichen Vpn der Studie von Pause und Mitarbeitern aus Personen zusammen, für die derselbe Cut-off Wert galt, wie in der hier vorliegenden Arbeit. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser und der Studie von Pause und Mitarbeitern, wurde die Stichprobe der sozial nicht-ängstlichen von Pause und Mitarbeiter nach denselben Kriterien unterteilt, wie in der vorliegenden Arbeit. Eine Unterteilung der von Pause und Mitarbeiter untersuchten sozial nicht-ängstlichen Vpn (N = 28) in „SIAS-hochscorende“ (Männer N = 7; Frauen N = 12 mit einem SIAS-Wert größer 10) und „SIAS-niedrigscorende“ (Männer N = 7; Frauen N = 2 mit einem SIAS-Wert kleiner 10) ergab, dass für „SIAS-hochscorende“ Männer bei der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß eine gesteigerte Schreckreaktion beobachtet wurde (unveröffentlichte Daten). Aufgrund der geringen Stichprobengrößen soll jedoch an dieser Stelle nicht weiter über eine mögliche Interaktion zwischen dem Spender- und Wahrnehmendengeschlecht und der Sozialen Ängstlichkeit bei der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale spekuliert werden.

OFK

Aktivität im rechten anterioren OFK bei Frauen während der Wahrnehmung von männlichem Angstschweiß wurde bereits oben in den ROI-Analysen der Hauptanalyse beschrieben sowie im Experiment zu Methodenvalidierung beobachtet. Es wurde weiter oben vermutet, dass bei Frauen der anteriore OFK möglicherweise bei der valenzunspezifischen Wahrnehmung chemosensorischer Reize involviert ist, was, wie die explorative Datenanalyse zeigte, vor allem auf „SIAS-hochscorende“ Frauen zutrifft. Es kann an dieser Stelle gemutmaßt werden, dass die Bereitschaft, in sozialen Situationen ängstlich zu reagieren, mit einer reduzierten Wahr-

nehmungsschwelle gegenüber chemosensorische Reizen positiv korreliert assoziiert ist. Während ein solcher Zusammenhang für Angststörungen noch weiterer Überprüfungen bedarf, konnte Pause zeigen, dass affektive Störungen mit einer veränderten Geruchswahrnehmung einhergehen (Pause, 2004a).

Somatosensorischer Kortex und der Gyrus supramarginalis

Weiter ergab die Gesamthirnanalyse, dass SIAS-hochscorende Männer bei der Wahrnehmung von männlichem Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender beeindruckende Aktivierungen in Bereich des Gyrus supramarginalis und im Somatosensorischen Kortex rechtsseitig aufwiesen. Wie bereits oben vermutet, könnten die Aktivierungen im SI / SII und Gyrus supramarginalis Ausdruck dafür sein, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß von Männern als sozial bedeutungsvoller Reiz wahrgenommen wurde. Wie die explorative Datenanalyse nun zeigt, scheint dieser Zusammenhang vor allem für „SIAS-hochscorende“ Männer zu gelten.

7.1.4 Expression chemosensorischer Angstsignale

Wie Tierversuche zeigten, wird die Produktion von chemosensorischen Angstsignalen durch das Ausmaß des erlebten Stresses bestimmt (Mackay-Sim & Laing, 1981). Die Produktion von chemosensorischen Angstsignalen ist dabei eng an hypothalamische Aktivität gebunden, wobei bislang noch nicht geklärt ist, ob hypophysäres ACTH direkt oder über Effektororgane eine Produktion solcher Chemosignale anregt (Abel, 1994). Beim Menschen wurden vor allem die apokrinen Schweißdrüsen hinsichtlich einer Produktion möglicher pheromonaler Substanzen untersucht (Pause, 2004b). Vor dem Hintergrund, dass menschliche apokrine Drüsen steroid-sensitive Rezeptoren besitzen (Beier et al., 2005), könnte eine Produktion chemosensorischer Angstsignale beim Menschen über eine vermehrte Steroid-Synthese erfolgen. Hierbei kämen Kortisol und Testosteron als potentielle Kandidaten in Frage, da eine endokrine Adaptation an Stress vor allem über die HHNA und HGA erfolgt (Christiansen, 1998; 1999; Sapolsky, 1998).

Die Auswertung der Angaben der Spender während der Spendebedingungen zeigte eindeutig, dass die Prüfungssituation im Vergleich zur Sportsituation als eine im hohen Maße Stress induzierende Situation erlebt wurde. So unterschied sich die Prüfungssituation von der Sportsituation hauptsächlich darin, dass während der Prüfung eindeutig mehr Angst und weniger Freude erlebt wurde. Zwar wurde die Prüfungssituation ebenfalls mit mehr Ekel, Ärger, Trauer und Überraschung assoziiert als die Sportsituation, jedoch verweisen die zugehörigen

t-Werte darauf, dass diese weiteren Emotionen eine untergeordnete Rolle spielten. Die Auswertung der Speichelproben ergab, dass männliche und weibliche Spender während der Angstsituation im Vergleich zur Sportsituation einen höheren Kortisolspiegel aufwiesen. Damit gehen diese Ergebnisse mit Untersuchungen konform, welche zeigen, dass das Erleben von Furcht/Angst grundsätzlich mit einer Erhöhung des Kortisolspiegels einhergeht (siehe Erickson et al., 2003; Frederikson et al., 1985; Zorawski, Cook, Kuhn & LeBar, 2005; Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Im Gegensatz zum Kortisolspiegel blieb der Testosteronspiegel durch die Spendebedingung offensichtlich unbeeinflusst.

Somit deuten diese Daten darauf hin, dass eine chemosensorische Kommunikation von Angst beim Menschen kortisolvermittelt sein könnte, wobei nicht klar ist, ob Kortisol ursächlich eine Chemosignalproduktion anregt, oder ob hypophysäres ACTH sowohl die Produktion von chemosensorischen Alarmsignalen als auch eine vermehrte Kortisolausschüttung bewirkt. Hingegen verweisen die Daten auch darauf, dass die Produktion von chemosensorischen Angstsignalen wahrscheinlich nicht auf eine Veränderung des Testosteronspiegels zurückzuführen ist. Es könnte vermutet werden, dass in der Angstsituation (die letzte Stunde vor einen wichtigen akademischen Prüfung) bereits den Erfolg der Prüfung antizipiert und somit zum psychosozialen Stress ein emotional positiver Gegenprozess stattfand, welcher sich in den verhältnismäßig hohen Werten auf der Skala „Freude“ während der Prüfungssituation widerspiegelt. Wie gezeigt wurde, kann die Antizipation eines Erfolgs und das Erleben einer Stresssituation bei Männern und Frauen zu gegenläufigen Anpassung des Testosteronspiegels führen (siehe Christiansen, 1998, 1999; Grant & France, 2001; Kirschbaum & Hellhammer, 1999; Schultheiss, Campbell & McClelland, 1999).

Falls, wie weiter oben beschrieben, Aktivierungen in den Kontrasten „Angst > Sport“ im Hypothalamus und in Somatosensorischen Kortexarealen auf die Wahrnehmung von AND zurückgeführt werden sollen, so müsste angenommen werden, dass sich die axillare AND-Konzentration durch ein psychosoziales Stresserleben erhöhen würde. Hiergegen spricht zum einen, dass AND ein Testosteronderivat ist, jedoch ein Unterschied des Testosteronspiegels zwischen der Angst- und der Sportsituation im Speichel der Spender nicht nachgewiesen werden konnte. Weiter spricht gegen eine AND-vermittelte chemosensorische Kommunikation von Angst, dass nicht nur Männer, sondern auch Frauen in der Lage sind, chemosensorische Angstsignale zu produzieren (Adolph et al., 2007), obwohl Frauen einen grundsätzlich geringeren Testosteronspiegel/-metabolismus bzw. eine geringere axillare AND-Konzentration aufweisen als Männer (Christiansen, 1998; 1999; Gower, Bird, Sharma & House, 1985; Go-

wer & Ruparelia, 1993; Labows, Jr., 1994). Somit erscheint es sinnvoll anzunehmen, dass eine Produktion von chemosensorischen Angstsignalen vornehmlich über die HHNA erfolgt.

7.2 Explorative Datenanalyse: Effekte über Geschlechter

Neben der Untersuchung einer chemosensorischen Kommunikation von Angst bieten die hier vorliegenden Daten auch die Möglichkeit einer Beschreibung solcher Effekte, welche ungeachtet der Spendesituation nur auf das Spender- bzw. Wahrnehmendengeschlecht zurückzuführen sind. So sollte in einer explorativen Datenanalyse überprüft werden, ob Männer und Frauen als Wahrnehmende die chemosensorischen Reize männlicher und weiblicher Spender unterschiedlich beschrieben haben und ob sich bei der Wahrnehmung der männlichen und weiblichen Chemoreize geschlechtsspezifische Aktivierungsmuster finden lassen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der über die Spendesituation gemittelten subjektiven und funktionellen Daten besprochen.

Wie die Auswertung der subjektiven Daten ergab, beschrieben Frauen im Vergleich zu Männern die Körpergerüche als intensiver und konnten diese im Geruchsdetektionstest erfolgreicher gegenüber „Watte“ detektieren. Somit scheint der Körpergeruch für Frauen stärkere wahrnehmbare chemosensorische Eigenschaften zu besitzen als für Männer. Hierzu im Widerspruch scheinen jedoch die Detektionsraten während des Scanvorgangs zu stehen: Während Frauen bei ca. 40% aller Reizpräsentationen angaben, einen Geruch detektiert zu haben, so traf dies für Männer in 60% der Fälle zu. Möglicherweise spiegelt sich in diesen Daten jedoch ein geschlechtsspezifisches Verhalten in uneindeutigen Entscheidungssituationen wider. So wurde bereits gezeigt, dass Männer im Vergleich zu Frauen in ambivalenten Entscheidungssituationen eher konservativere Entscheidungen treffen (Jianakoplos & Bernasek, 1994; Powel & Ansic, 1997; Schubert, Gysler, Brown & Brachinger, 2000). Demnach könnten männliche Wahrnehmende, wenn sie sich nicht sicher sind, ob sie tatsächlich einen Geruch wahrgenommen haben, grundsätzlich eher ein positives Urteil („Geruch wahrgenommen“) abgegeben haben, Frauen könnten sich hingegen eher für ein negatives Urteil („keinen Geruch wahrgenommen“) entschieden haben.

Weiter wurde in der Auswertung der Fragebögen zur Geruchsbeschreibung deutlich, dass Frauen im Vergleich zu Männern die Körpergerüche als unangenehmer und bekannter einschätzten und sich bei der Wahrnehmung der Körpergerüche weniger glücklich und tendenziell mehr geekelt fühlten als Männer. Eine weitere Differenzierung des Antwortverhaltens hinsichtlich des Spendergeschlechts ergab, dass Frauen den männlichen Körpergeruch als

unangenehmer und weniger angenehm beschrieben und sich hierdurch mehr geekelt und verärgerter fühlten, als es bei der Wahrnehmung weiblichen Spendenmaterials der Fall war. Männer fühlten sich hingegen zwar geekelt bei der Wahrnehmung des weiblichen Spendenmaterials (tendenziell mehr als bei der Wahrnehmung des männlichen) darüber hinaus differenzierten sie aber nicht weiter auf den Skalen zur Quantitativen Geruchsbeschreibung zwischen männlichem und weiblichem Spendematerial. Auch zeigen die Daten der Qualitativen Geruchsbeschreibung, dass Frauen den Schweiß männlicher Spender überwiegend mit negativeren Attributen beschrieben als den Schweiß weiblicher Spender, Männer jedoch auch hier kaum zwischen dem Schweiß männlicher und weiblicher Spender unterschieden. Somit scheinen die chemosensorischen Reize des Gegengeschlechts vor allem von Frauen als intensiver und negativer Reiz wahrgenommen worden zu sein. Damit gehen diese subjektiven Daten insofern mit in der Literatur beschriebenen Effekten konform, als dass Männer im Vergleich zu Frauen grundsätzlich einen stärkeren Körpergeruch aufweisen (s.u.), welcher auch von Frauen als unangenehmer und intensiver beschrieben wurde. Weiter wurde jedoch beschrieben, dass auch Männer den Körpergeruch männlicher Spender als unangenehmer und intensiver beschrieben, verglichen mit dem Geruch weiblicher Spender (Doty, Orndorff, Leyden & Kligman, 1978). Möglicherweise hätten sich auch hier in der vorliegenden Studie solche Effekte für männliche Wahrnehmende zeigen lassen, wenn das Reizmaterial insgesamt eine höhere Intensität besessen hätte. Wie die Daten des Gruchsdetektionstests zeigen, wurden die Körpergerüche von Männern nur in 25% der Fälle, von Frauen hingegen in über 50% der Fälle erfolgreich detektiert und waren für Männer möglicherweise nicht intensiv genug, um bedeutsam als intensiver und unangenehm bewertet zu werden.

In der menschlichen Achselhöhle wurden neben Isovaleriansäure und trans(E)-3-Methylhex-2-ensäure, welche den typischen Schweißgeruch verursachen, auch 16-Androgene identifiziert, die dem axillaren Schweiß nach Inkubation mit lokal ansässigen Bakterienstämmen eine urin-/moschunsartige Geruchskomponente verleihen (Doty, 1985; Gower & Ruparelia, 1993, Gower, 1994; Leyden et al., 1981; Zeng, Leyden, Spielman & Preti, 1996). Die Tatsache, dass Männer im Vergleich zu Frauen einen stärkern Körpergeruch aufweisen, ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass Männer mehr Androgene produzieren und eine höhere Prävalenz an axillaren Bakterien aufweisen (Gower, Bird, Sharma & House, 1985; Gower & Ruparelia, 1993; Labows, Jr., 1994). Von den fünf verschiedenen 16-Androgenen, welche im apokrinen Sekret der menschlichen Achselhöhle identifiziert wurden, sind vor allem Androstenon (5α-androst-16-en-3-one „AND“), Androstenol (5α-androst-16-en-3-a-ol) und Androstadienon (androsta-4,16-dien-3-one) als potentielle Pheromone untersucht worden

(Hays, 2003; Pause, 2004b). Mittlerweile gibt es eine Reihe von Studien, welche den Einfluss dieser Substanzen auf die subjektive Beschreibung der eigenen Befindlichkeit (AND: Bensafi, Brown, Khan, Levenson & Sobel, 2004; Lundström, Goncalves, Esteves & Olsson, 2003; Lundström & Olsson, 2005; Jacob & McClintock, 2000; Androstenon: Filsinger, Braun, Monte, & Linder, 1984) sowie auf das Verhalten (Androstenol: Cowley und Brooksbank, 1991; Androstenon: Filsinger, Braun, Monte, & Linder, 1985; Pause, 2004b) beschrieben haben. Zusammenfassend weisen diese Studien jedoch darauf hin, dass die Wahrnehmung dieser Substanzen eher zu einer Verhaltensannäherung führt und weniger ein Defensivverhalten hervorruft. Somit ist anzunehmen, dass die von Frauen beschriebene Abneigung des männlichen gegenüber dem weiblichen Achselschweiß auf dessen geruchliche Komponente und weniger auf pheromonale Wahrnehmungsprozesse zurückzuführen ist.

Die Auswertung der funktionellen Bilder ergab, dass Männer im Vergleich zu Frauen bei der Wahrnehmung der Körpergerüche vermehrte Aktivität in weiten Hirnbereichen (Frontal-, Temporal-, Parietal- und Okzipitallappen sowie in subkortikalen Bereichen) aufzeigen. Aufgrund der subjektiven Bewertung der Reize wäre ein gegenteiliger Effekt zu vermuten gewesen: Frauen, welche im Vergleich zu Männern die Körpergerüche als intensiver und unangenehmer einschätzen, sollten verstärkte BOLD-Aktivität bei der Wahrnehmung der Körpergerüche zeigen als Männer. Wie jedoch de Araujo und Mitarbeiter (2005) zeigten, so führte die Darbietung eines Geruchs, welcher als Körpergeruch introduziert wurde (und als unangenehmer Reiz beschrieben wurde), in Amygdala/PFK nur zu geringfügig positiven Signalveränderungen und im Gyrus cinguli anterior sowie im medialen OFK sogar zu Hypoaktivierungen im Vergleich zu verschiedenen Kontrollbedingungen. Somit könnten die Körpergerüche bei Frauen insgesamt zu stärkeren Hypoaktivierungen geführt haben als bei Männern, da Frauen diese als intensiver/unangenehmer einschätzen. Aufgrund dieser deutlichen Niveauunterschiede der Aktivierungsmuster zwischen männlichen und weiblichen Vpn bei der Wahrnehmung der Körpergerüche wurden weitere Kontraste nur noch nach dem Wahrnehmendengeschlecht getrennt berechnet.

Nach einer weiteren Auflösung der Kontraste entlang des Wahrnehmenden- und Spendergeschlechts zeigte sich für männliche Wahrnehmende im Kontrast „Männerschweiß > Frauenschweiß“ eine auffällige Aktivierung im linken anterioren Bereich des Gyrus fusiformis. Weibliche Wahrnehmende hingegen zeigten im Kontrast „Frauenspender > Männerspender“ Aktivierungen, deren auffälligstes Maximum im Bereich der linken Insel (Sulcus cirularis insulae) lokalisiert ist. Während die hier beschriebene fusiforme Aktivität bei Männern eindeutig auf die Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes (dieser Befund ist bereits in

der Gesamthirnanalyse zur chemosensorischen Kommunikation besprochen worden) und somit auf die Spendenbedingung und nicht auf das Spendergeschlecht zurückzuführen ist, so ist die insuläre Aktivität weiblicher Wahrnehmender als „Geschlechtseffekt“ zu interpretieren. Linksseitige insuläre Aktivität wird immer wieder mit der Beschreibung und Bewertung olfaktorischer Reize assoziiert (Qureshy et al., 2000; Savic, Gulyas, Larson & Roland, 2000; Zatorre et al., 1992). Fulbright und Mitarbeiter weisen zudem in einer fMRT-Studie darauf hin, dass nur angenehme Gerüche (Clementine) Aktivierungen im linken Sulcus cirularis insulae hervorriefen, unangenehme (Isovaleriansäure) jedoch nicht (Fulbright et al., 1998). Somit spiegeln sich wahrscheinlich die von Frauen beschriebenen negativen olfaktorischen Eigenschaften des männlichen gegenüber dem weiblichen Spendenmaterial in den hier beschriebenen insulären Aktivierungen wider.

In bildgebenden Studien zur Untersuchung der Wahrnehmung potentieller Sexualpheromone wurde linksseitige insuläre Aktivität nur bei homosexuellen Frauen währen der Wahrnehmung von AND beobachtet. Ansonsten zeigte sich jedoch weder bei heterosexuellen Frauen noch bei hetreo-/homosexuellen Männern linksseitige insuläre Aktivität während der Wahrnehmung dieser Substanzen (Berglund, Lindström & Savic, 2006; Jacob et al., 2001; Gulyás, Kéri, O’Sullivan, Decety & Roland, 2003; Savic, Berglund, Gulyas & Roland, 2001; Savic Berglund & Lindström, 2005). Zwar wurde die sexuelle Orientierung der an dieser Studie teilnehmenden weiblichen Wahrnehmenden nicht erhoben, es erscheint jedoch unwahrscheinlich, dass sich die Stichprobe aus zufällig überwiegend homosexuellen Frauen zusammensetzte. Somit werden die beschriebenen insulären Aktivierungen nicht auf die Wahrnehmung potentieller, axillarer Sexualpheromone zurückgeführt.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass Frauen den Geruch von Männern als intensiver und unangenehmer bewerteten, was sich in einer olfaktorisch vermittelten Aktivierung der linken Insel-Region widerspiegelt. Männer unterscheiden anhand der Fragebögen zur quantitativen Geruchsbeschreibung kaum zwischen den Körpergerüchen männlicher und weiblicher Spender und zeigen auch keine aussagekräftigen differenziellen Aktivierungsmuster.

7.3 Bemerkungen zur Kontrastbedingung „Watte“

Durch die Einführung der unbenutzten Watte als Reizbedingung sollten Effekte, welche alleinig auf die Wahrnehmung der geruchlichen Eigenschaften des Reizträgers zurückzuführen

sind, kontrolliert werden (siehe auch Adolph et al., 2007; Chen & Haviland-Jones, 2000; Orth, 2005a, b; Prehn et al., 2006).

Betrachtet man die Angaben auf den Skalen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit entlang der Basisemotionen, so zeichnet sich Watte gegenüber den menschlichen Chemosignalen durch seine schwachen emotionsinduzierenden Eigenschaften aus (siehe Skala „Angst", „Freude", „Ekel" und „Ärger"). Wie in vielen Studien gezeigt wurde, ist die Wahrnehmung olfaktorischer Reize eng mit der Induzierung emotionaler Reaktionen assoziiert (siehe Herz, 2002), so dass die schwache emotionsinduzierende Eigenschaft als Hinweis auf die geringen chemosensorischen Eigenschaften von „Watte" zu interpretieren ist. Auf den SAM-Skalen „Valenz", „Arousal" und „Dominanz" zeichnete sich ein Rating im mittleren – d.h. neutralen – Bereich ab. Zudem wurde Watte zumindest auf deskriptiver Ebene durchschnittlich als der Reiz mit der geringsten Intensität beschrieben. Auch sprechen die Daten des Detektionstests für die schwachen olfaktorischen Eigenschaften der unbenutzten Watte: Die menschlichen Chemosignale wurden von bis zu 64% aller Vpn (weibliche Vpn bei der Detektion von männlichem Angstschweiß) gegenüber „Watte" als Geruch detektiert.

Hierzu im Widerspruch steht jedoch der Befund, dass „Watte" während des Scanvorgangs im Vergleich zu den (weiblichen) Chemoreizen häufiger als Geruch identifiziert wurde und die Detektionsrate von „Watte" während des Scanvorgans mit durchschnittlich 60% insgesamt sehr hoch lag. Auf deskriptiver Ebene zeigte sich darüber hinaus, dass bis auf den männlichen Angstschweiß im dritten Scandurchgang die „Watte" zu jeder Zeit öfter als Geruch detektiert wurde, verglichen mit den menschlichen Chemosignalen. Die Auswertung der funktionellen Bilder scheint ebenfalls dafür zu sprechen, dass „Watte" im Vergleich zu den menschlichen Chemoreizen nicht als weniger intensiver Reiz wahrgenommen wurde: Bei dem Vergleich der Reaktionen auf die Körpergerüche mit dem Wattereiz zeigten sich im Kontrast „Watte > Körpergeruch" auf dem geplanten α-Niveau von 0,1% umfangreiche Aktivierungen, welche in ihrer Gesamtheit mit 52 unterschiedlichen lokalen Maxima in tabellarischer Form nicht mehr darstellbar waren. Hingegen ließen sich im Gegenkontrast „Körpergeruch > Watte" nur geringfügige Aktivierungen im Temporal- und Parietallappen finden, welche ihr Maximum am Rand des linken Seitenventrikels in der weißen Substanz aufwiesen. Die Tatsache, dass im Kontrast „Watte > Körpergeruch" solche Strukturen aktiviert waren, welche unmittelbar mit der Wahrnehmung olfaktorischer Reize in Verbindung gebracht werden (ROI-Analyse: Amygdala, Hippokampus, OFK; Gesamthirnanalyse: Gyrus rectus), könnten darauf hindeuten, dass „Watte" während des Scanvorgangs intensivere geruchliche Eigenschaften besaß, verglichen mit den menschlichen Chemosignalen.

Es stellt sich jedoch die Frage, warum in den Durchgängen zur Geruchsdetektion und in den Fragebögen zur quantitativen Geruchsbeschreibung die unbenutzte Watte zunächst nicht als geruchsintensiv beschrieben wurde, jedoch später während des Scanvorgangs in 60% der Fälle als Geruch erkannt wurde. Möglicherweise sind diese widersprüchlichen Befunde sowohl auf technische Probleme bei der Reizaufbereitung und der zeitlichen Abfolge der Reizpräsentationen zurückzuführen als auch Effekten der kognitiven Erwartung bei der Wahrnehmung von Körpergerüchen während des Scanvorgangs zuzuschreiben.

Reizaufbereitung

Um systematische Einflüsse der Reizaufbereitung auf die chemosensorischen Eigenschaften der Reize zu verhindern, wurde darauf geachtet, dass die menschlichen Chemoreize und die „Watte“ einheitlich aufbereitet und gelagert wurden (siehe Punkt 5.2.1.7). Jedoch unterschieden sich die Aufarbeitungen der Proben insofern, als dass die Wattepads zur Sammlung der Achselschweißproben vergleichsweise längere Zeit der Raumluft ausgesetzt wurden als die für die Kontrastbedingung verwendeten Wattepads: So wurden die Wattepads für die Spende aus der Firmenverpackung entnommen, in Alufolie sowie in einem Gefrierbeutel verpackt den Spendern mitunter mehrere Tage vor dem ersten Spendentermin übergeben. Zudem dauerte das Homogenisieren und Portionieren der Körperschweißproben ca. sieben Tage. Zur Aufbereitung der „Watte“ wurde diese direkt aus der Umverpackung genommen, mit bidestilliertem Wasser besprüht und unmittelbar portioniert. Da hier aufgrund der Homogenität des Materials auf ein vergleichsweise intensives poolen der unbenutzten Wattepads verzichtet wurde, dauerte die Aufbereitung der „Watte“ nur wenige Stunden. Somit könnten eventuelle Duftstoffe, welche bei der Herstellung den Wattepads beigefügt wurden, aus den Wattepads zur Sammlung der Körperschweißproben eher verflogen sein als aus den Pads, welche für die Kontrastbedingung eingesetzt wurden. Natürlich wurde bei der Wahl der Wattepads darauf geachtet, nur solche Materialien zu verwenden, welche subjektiv keinen Eigengeruch aufweisen. Da jedoch zum Zeitpunkt der Reizaufbereitung das MR-O noch nicht fertig gestellt war, konnten die Materialien nicht unter streng experimentellen Bedingungen auf Eigengeruch untersucht werden. In den Versuchen zur Methodenvalidierung wurde ebenfalls unbenutzte Watte als neutrale Geruchsbedingung verwendet. Jedoch wurde hier im Gegensatz zur Hauptuntersuchung nur eine einzige Probe verwendet, welche bei allen Versuchen und über einen Zeitraum von mehreren Wochen eingesetzt wurde. Somit konnten eventuelle der Watte zugesetzte Duftstoffe bereits frühzeitig verflogen sein. Hierfür sprechen sowohl die sehr geringen Inten-

sitätseinschätzungen der Watte im Versuch zur Methodenvalidierung sowie die Tatsache, dass Watte während des Scanvorgangs nur in 23% aller Darbietungen als Geruch bewertet wurde.

Zeitliche Abfolge der Reizdarbietungen

Es ist aufgrund der zeitlichen Abfolge der Reizdarbietungen im Teil zur subjektiven Geruchsbeschreibung zu vermuten, dass die Vpn an den möglichen Eigengeruch der unbenutzten Watte habituierten. Hierfür sprechen die Ergebnisse des Geruchsdetektionstests: Da hier immer gegen „Watte“ getestet wurde (ein Durchgang bestand aus der zweimaligen Darbietung von „Watte“ und der einmaligen Darbietung eines menschlichen Chemoreizes), so wurde die unbenutzte Watte im Laufe des Detektionstests insgesamt häufiger und in kürzeren Abständen (zwischen 5 und 13 s) zueinander dargeboten verglichen mit den menschlichen Chemosignalen (mindestens 13 s). Die Reihenfolge sah vor, dass immer mit dem männlichen Sportschweiß begonnen wurde. Dieser Reiz wurde von insgesamt nur 25% aller Vpn erfolgreich detektiert, während alle nachfolgenden Reize von insgesamt 42% aller Vpn detektiert wurden. Es wäre zu vermuten, dass die Duftstoffe nach dem ersten Durchgang (Detektion des männlichen Sportschweißes) aus der „Watte“-Geruchskammer herausgepumpt wurden und sich aufgrund der hohen Durchlüftungsfrequenz dieses Duftkanals für den Wahrnehmenden nachfolgend nicht mehr wahrnehmbar intensivierten (bzw. stellt ein Interstimulusintervall von 5 s eine zu kurze Zeit dar, um eine Dishabituation an den olfaktorisch wahrnehmbaren „Watte-Geruch“ zu erreichen).

An den Detektionstest schloss sich die quantitative Geruchsbeschreibung an, wobei die unbenutzte Watte den letzten in der Reihenfolge zu bewertenden Reiz darstellte. Es fiel während des Experiments auf, dass einige Vpn diese zeitlich nicht begrenzte Aufgabe sehr zügig bearbeiteten, andere hingegen sich hierfür viel Zeit ließen. Es bleibt nur zu vermuten, dass diejenigen Vpn, welche die Aufgabe zügig bearbeiteten, ein geringeres Intensitätsrating des Wattereizes abgaben, verglichen mit denjenigen Vpn, welche hierfür mehr Zeit in Anspruch nahmen. Auch deuten die vergleichsweise großen Streuungen des Intensitätsratings bei „Watte“ auf einen zusätzlichen, konfundierten Faktor hin. Während des Scanvorgangs wiederum betrugen das ISI zwischen den einzelnen „Watte“-Präsentationen zwischen ca. 40 s und 3 min. Vermutlich war diese Zeit ausreichend, damit sich innerhalb der Duftflasche die watteeigenen Geruchsstoffe zu einer wahrnehmbaren Intensität ansammeln konnten.

Effekte der kognitiven Erwartung

Wie in vielen Studien bereits gezeigt wurde, haben Kontextinformationen einen bedeutsamen Einfluss auf die subjektive Wirkung eines olfaktorischen Reizes (siehe z.B. Dalton, Wysocki, Brody & Lawley, 1997; Distel & Hudson, 2001; Herz & Clef, 2001; Laudien, 2005). Wurde beispielsweise eine Mischung aus Isovaleriansäure und Cheddar-Käse als ein Nahrungsmittel (Käse) eingeführt, so wurde dieser Reiz positiver bewertet, verglichen mit den Einschätzungen desselben Reizes, wenn er als Körpergeruch introduziert wurde – interessanterweise auch dann, wenn nur geruchsneutrale Luft vorgegeben wurde (de Araujo et al., 2005). Somit scheint die Intensitätseinschätzung von vermeintlichen Körpergerüchen auch unabhängig des tatsächlich dargebotenen chemischen Verbunds erfolgen zu können. Hierfür spricht, dass in keiner der Studien, in welcher der unbenutzte Geruchsträger (Watte, Seide-Polyester) als zusätzlicher Kontrollreiz eingesetzt wurde, die Geruchsträger gegenüber den menschlichen Chemoreizen als weniger intensiv eingeschätzt wurden (Chen et al., 2000; 2006; Prehn et al., 2006).

Im fMRT-Experiment zeigte sich, dass die Einstellung, Körpergerüche wahrzunehmen, eine Hypoaktivierung u.a. von Amygdala/PFK und des medialen OFK als Strukturen des primären und sekundären olfaktorischen Kortexes zur Folge hatte (de Araujo et al., 2005). Somit könnten die hier in dieser Studie im Kontrast „Watte > Körpergeruch“ gefundenen Mehraktivierungen auch als „körpergeruchsinduzierte“ Hypoaktivierungen interpretiert werden. Dies würde jedoch bedeuten, dass die „Watte“ entweder nicht als Körpergeruch oder als ein Körpergeruch mit anderen qualitativen Eigenschaften gegenüber den tatsächlichen Körpergerüchen wahrgenommen wurde. Vor dem Hintergrund, dass die tatsächlichen Körpergerüche, verglichen mit der Watte, eher mit positiven Attributen belegt wurden („Watte“ wurde im Vergleich zu den Körpergerüchen in den meisten Fällen häufiger als „blumig“ und „fruchtig“, jedoch seltener als „faulig“ und „harzig“ sowie als weniger unangenehm beschrieben), ergibt diese Überlegung einen Sinn. Somit könnten die Duftstoffe der Watte während des Scans als angenehmer Körpergeruch wahrgenommenen worden sein und zu geringeren Hypoaktivierungen geführt haben, verglichen mit denen, welche durch die tatsächlichen, eher mit negativen Attributen versehenen Körpergerüche, evoziert wurden. Ob nun „Watte“ im Vergleich zu den Körpergerüchen während des Scanvorgangs auch tatsächlich als angenehmerer Körpergeruch bewertet wurde, lässt sich nicht feststellen.

Zusammenfassung

Es kann aufgrund einer möglichen Kontaminierung der Watte durch produktionsbedingte zugesetzte Geruchsstoffe nicht gewährleistet werden, dass die in der Hauptuntersuchung verwendete unbenutzte Watte tatsächlich eine adäquate Kontrollbedingung zu den Körpergerüchen darstellte. Nur über eine tatsächlich neutrale Geruchsbedingung könnten Effekte, welche allein auf den Wattegeruch zurückzuführen sind, kontrolliert werden. Beachtet man jedoch, dass unter den gegebenen Kontextbedingungen selbst geruchsneutrale Luft als unangenehmer Körpergeruch bewertet werden kann (de Araujo et al., 2005), so muss der versuchsplanerische Aufwand gegen den Nutzen einer solchen Kontrollbedingung abgewogen werden. Da die Untersuchung einer chemosensorischen Kommunikation von Emotionen vor allem auf die Effekte zwischen einem emotionalen Reiz (Angstschweiß als Experimentalbedingung) und einem nicht-emotionalen Reiz (Sportschweiß als Kontrollbedingung) fokussiert, so ist für die Beantwortung der Hauptfragestellung dieser Arbeit die Einführung einer weiteren, neutralen Kontrollbedingung auch nicht entscheidend erforderlich (siehe auch Ackerl et al., 2002; Pause et al., 2004).

7.4 Integration der Befunde zur chemosensorischen Kommunikation von Angst und Ausblick

Wie die Auswertung der subjektiven Daten ergab, so rief der weibliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender ein reduziertes Freudeerleben sowie ein gesteigertes Ärgererleben hervor. Es wurde diskutiert, ob der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß zu einer gesteigerten Alarmbereitschaft führt, welche auf subjektiv-verbaler Ebene eher als eine Kampf- als eine Fluchtbereitschaft wahrgenommen wurde. Es konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass das Antwortverhalten auf Wahrnehmungsphänomene zurückzuführen ist, welche eher auf die geruchliche als auf eine pheromonale Komponente der Chemoreize zurückzuführen sind. Somit sollen diese Daten nur als ein möglicher Hinweis auf eine subjektiv-verbale Komponente einer chemosensorischen Kommunikation von Angst gewertet werden.

Die Auswertungen der funktionellen Bilder ergaben, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß Aktivierungen in solchen Strukturen hervorriefen, welche mit der Initiierung von Verhaltensrückzugstendenzen, mit der Bildung von olfaktorisch vermittelten Gedächtnisprozessen sowie mit der modalitätsübergreifenden Wahrnehmung sozial relevanter Reize assoziiert sind.

Eine durch das chemosensorische Angstsignal ausgelöste Initiierung von Verhaltensrückzug wurde aufgrund der durch den Angstschweiß evozierten Aktivierungen in Amygdala, Hippokampus, Hypothalamus und im BNST vermutet. Unter Berücksichtigung des Wahrnehmendengeschlechts zeigte sich, dass Amygdala-Aktivierungen nur bei männlichen Wahrnehmenden, Aktivierungen in BNST hingegen nur bei weiblichen Wahrnehmenden beobachtet wurden. Da beide Strukturen zusammen ein neuronales Kontinuum zur Generierung von Defensivreaktionen darstellen (s.o.), wurde vermutet, dass die Wahrnehmung des Angstschweißes innerhalb der „extended amygdala" geschlechtsspezifisch erfolgen könnte. Aktivierungen im Hippokampus wurden bei Männern und Frauen beobachtet. Hierbei zeigte sich, dass der linke Hippokampus sowohl bei Männern als auch bei Frauen an der Wahrnehmung weiblicher Angstsignale beteiligt ist. Dabei könnten diese Aktivierungen das neuronale Korrelat der subjektiven Komponente einer chemosensorischen Kommunikation von Angst darstellen. Aktivierungen des rechten Hippokampus wurden nur bei Männern während der Wahrnehmung des männlichen Angstschweißes beobachtet. Da der Hippokampus eine wichtige Komponente bei Wahrnehmung sozialer und biologisch bedeutsamer chemosensorischer Reize darstellt, wurden die hippokampalen Aktivierungen als Hinweis auf den emotional negativen Gehalt des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß gewertet. Die mögliche Bedeutsamkeit des Hippokampus bei der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen wurde in einer explorativen Analyse unter Berücksichtigung der Sozialen Ängstlichkeit der Wahrnehmenden noch einmal deutlich. So zeigten sich für die sozial ängstlicheren Frauen beeindruckende Aktivierungen im linken Hippokampus bei der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß weiblicher Spender. Jedoch ließ sich aufgrund der geringen Stichprobengrößen und der Tatsache, dass hier in dieser Arbeit keine tatsächlich sozial ängstlichen Personen untersucht wurden, nur vermuten, dass das Spender- und das Wahrnehmendengeschlecht mit der der Sozialen Ängstlichkeit bei der chemosensorischen Kommunikation von Angst interagieren. Hypothalamische Aktivierungen wurden sowohl bei Männern als auch bei Frauen während der Wahrnehmung des Angst- gegenüber der Wahrnehmung des Sportschweißes beobachtet. Dabei zeigten sich die deutlichsten Aktivierungen bei Frauen während der Wahrnehmung des männlichen chemosensorischen Angstschweißes. Es wurde vermutet, dass die hypothalamischen Aktivitäten einen endokrinen Adaptationsprozess infolge der Wahrnehmung emotional negativer Reize darstellten und wurden somit als Hinweis auf den emotional negativen Gehalt des Angstschweißes gegenüber dem Sportschweiß interpretiert.

Ferner wurden gezeigt, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß zu rechtsdominanten Aktivierungen im lateralen OFK und in der Substantia nigra führten, welche mit Gedächtnisbildungsprozessen in Verbindung gebracht wurden. Es wurde dabei angenommen, dass der rechtsseitige laterale OFK Gedächtnisbildungsprozesse bei der Wahrnehmung intrasexueller chemosensorischer Angstsignale abbildet – die Speicherung weiblicher chemosensorischer Angstsignale bei Männern unter Beteiligung der mesenzephalen Substantia nigra erfolgen könnte. Die Tatsache, dass emotional bedeutsame Reize gegenüber neutralen Reizen explizit und implizit bevorzugt gespeichert werden, ist ein wiederholt beschriebenes Phänomen (siehe Hamann, 2001; Dolan, 2002). In einer aktuellen Studie wurde gezeigt, dass emotionales Bildmaterial gegenüber neutralen Bildern vermehrte implizite (d.h. nicht instruierte) Gedächtnisprozesse anregt. Hierbei sollte emotionales Bildmaterial entlang hinsichtlich bestimmter (nicht emotionaler) Eigenschaften bewertet werden. Eine unangekündigte Überprüfung der Erinnerungsleistung im Anschluss an die Untersuchung zeigte, dass emotionales im Vergleich zu neutralem Bildmaterial häufiger wieder erkannt wurde (Krauel, Düzel, Hinrichs, Santel, Rellum & Baving, 2007). Somit könnte vermutet werden, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß Kontrollreizen aufgrund seiner emotionalen Bedeutsamkeit vermehrte implizite Gedächtnisprozesse angeregt hat. Zukünftige Untersuchungen müssten den vermuteten Beitrag des OFK bei der Speicherung chemosensorischer Angstsignale genauer beleuchten.

Darüber hinaus wurde beobachtet, dass der männliche Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß männlicher Spender bei Männern zu Aktivierungen im Gyrus fusiformis und in somatosensorischen Kortexarealen führte - Bereiche, welchen wichtige Funktion bei der Wahrnehmung sozialer Reize zugeschrieben werden (s.o.). Wie die Auswertungen weiter zeigten, konnte die Aktivität der somatosensorischen Kortexarealen den sozial ängstlicheren Männern zugeordnet werden. Es wird beschrieben, dass die Wahrnehmung sozialer Reize durch eine interne Repräsentation des Wahrgenommenen - als eine Art idiosynkratische „Kopie“ oder „Simulation“- erfolgt (siehe Adolphs, 2003). Somit kann vermutet werden, dass sich vor allem sozial ängstlichere Männer, welche männliche chemosensorische Angstsignale wahrnehmen, sich implizit ein Abbild des „geängstigten Artgenossen“ schaffen.

Es stellt sich zuletzt die Frage, ob die subjektiv-verbal beschriebene Intensivierung des Ärgerlebens und der Reduzierung des Freudeerlebens infolge der Wahrnehmung des weiblichen Angstschweißes im Vergleich zum Sportschweiß weiblicher Spender mit den funktionellen Daten in Verbindung gebracht werden können. Wie Phan und Mitarbeiter (2004) in einer Übersichtsarbeit feststellten, rufen Ärger induzierende Reize charakteristische Aktivierungen

im anterioren Gyrus cinguli hervor, hingegen bewirkt die Wahrnehmung Freude induzierender Reize vor allem eine vermehrte Aktivität der Basalganglien. Betrachtet man jedoch die Aktivierungsmuster in den entsprechenden Kontrasten „Angst vs. Sport“, so stellt man fest, dass weder im Kontrast „Angst > Sport“ noch im Kontrast „Sport > Angst“ Aktivierungen in den entsprechenden Strukturen gefunden wurden. Somit soll dieser Umstand noch einmal mehr auf den spekulativen Charakter einer subjektiv-verbalen Komponente bei der chemosensorischen Kommunikation hinweisen.

Im Lichte dieser Interpretationen bietet diese Studie ein Modell der zentralnervösen Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale, in welches sich die bisherigen Befunde einer chemosensorischen Kommunikation von Angst beim Menschen integrieren lassen (siehe Abbildung 7-1). So berichteten Chen und Mitarbeiter (2006), dass die Wahrnehmung eines chemosensorischen Angstsignals zu einem genaueren Elaborieren visueller Reize bei der Bearbeitung kognitiver Aufgaben führt als die Wahrnehmung eines Kontrollreizes. Ein solcher Befund geht mit den hier beschriebenen Beobachtungen konform, dass der Angstschweiß gegenüber dem Sportschweiß global zu deutlich vermehrten Aktivierungen in kortikalen und subkortikalen Arealen geführt hat. Zudem könnten auch die oben vermuteten Gedächtnisbildungsprozesse infolge der Wahrnehmung des chemosensorischen Angstsignals den von Chen und Mitarbeitern (2006) beschriebenen erhöhten kognitiven Aufwand erklären. Wie weiter beschrieben wurde, aktivieren chemosensorische Angstsignale beim Menschen präattentiv defensive Verhaltensprogramme, wie eine durch menschliche chemosensorische Angstsignale potenzierte Schreckreaktion gezeigt hat (Prehn et al., 2006) – ein Befund, welcher eindeutig mit den Aktivierungen der Amygdala/BNST, Hippokampus und Hypothalamus assoziiert werden kann. Ferner wurde bereits beschrieben, dass die subliminale Wahrnehmung von emotionalen Gesichtsausdrücken durch chemosensorische Angstsignale beeinflusst ist (Pause et al., 2004). Ein solcher Effekt kann mit der oben beschriebenen Interpretation der fusiformen/somatosensorischen Areale und im Pulvinar gebracht werden. So wurde vermutet, dass chemosensorische Angstsignale implizit zu einer internen Repräsentation „geängstigter Artgenossen“ führen könnten, was wiederum in einer Beeinflussung der Wahrnehmung visueller (positiver sozial relevanter) Reize resultieren könnte. Darüber hinaus gibt es deutliche Hinweise darauf, dass eine erhöhte Soziale Ängstlichkeit als Wahrnehmendeneigenschaft mit einer gesteigerten Reagibilität auf chemosensorische Angstsignale in Verbindung steht (Adolph et al., 2007; Ohrt et al., 2005a; b). Wie die Auswertung zeigte, spiegelt sich diese

beschriebene erhöhte Regiabilität vermutlich in den Aktivierungen des Hippokampus und der somatosensorischen Kortexareale wider.

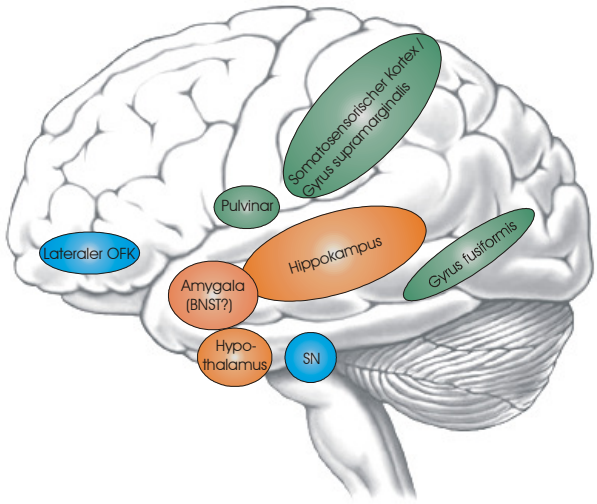


Abbildung 7-1: Graphische Integration der Befunde in ein hypothetisches Modell der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen. Die Darstellung orientiert sich an den Ergebnissen der Kontraste „Angst vs. Sport“ (konventionelles und liberales Signifikanzniveau) über alle Vpn.
SN: Substantia nigra
Rote Strukturen: Initiierung defensiver emotionaler Reaktionen
Blaue Strukturen: Gedächtnisbildung
Grüne Strukturen: Wahrnehmung sozial relevanter Reize

Ein Ziel dieser Arbeit war es, solche Strukturen zu identifizieren, welche an der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen beteiligt sind und Aussagen darüber zu treffen, welche/s chemosensorische/n System/e an diesen Wahrnehmungsprozessen beteiligt sind. Es wird heutzutage angenommen, dass der Mensch vermutlich weder über ein funktionstüchtiges VNO, noch über ein entsprechendes zentrales Repräsentationsareal (AOB) verfügt (siehe Meredith, 2001). Wie jedoch beim Tier gezeigt wurde, ist die Wirkung sozial relevanter Chemosignale nicht zwangsläufig an ein funktionstüchtiges vomeronasales System gebunden, sondern kann – angeborener- oder erworbener Maßen - auch über das olfaktorische System erfolgen (Dorries et al., 1997; Fewell & Meredith, 2002; Johnston, 1998; Meredith, 2001). Darüber hinaus wird vermutet, dass beim Menschen Rezeptoren des olfaktorischen Epithels das Aufgabenfeld der rezeptiven Neurone übernommen haben könnten, welche bei Nagetieren im VNO zu finden sind (Rodriguez et al., 2000). Hingegen scheint eine Beteiligung trigeminaler Anteile bei der Wahrnehmung sozial relevanter Chemosignale eher als unwahrscheinlicher (Meredith, 2001).

Aufgrund der Aktivierungen in den Strukturen der primären und sekundären olfaktorischen Kortizes (Amygdala, Hippokampus, OFK, Hypothalamus) unterstützen die Befunde der vorliegenden Arbeit die Hypothese einer olfaktorisch vermittelten Wahrnehmung einer chemosensorischen Kommunikation von Angst. Darüber hinaus wurden auch Aktivierungen in Bereichen des somatosensorischen Kortexarealen gefunden, welche als primäres neokortikales Innervationsgebiet trigeminaler Afferenzen gelten (Zilles & Rehkämper, 1998). Jedoch wurde hier vermutet, dass die beobachteten Aktivierungen während der Wahrnehmung der chemosensorischen Angstsignale weniger einen reinen trigeminal-sensorischen Wahrnehmungsprozess widerspiegeln, sondern eher auf die modalitätsübergreifende Wahrnehmung sozial relevanter Reize zurückzuführen sind. Darüber hinaus wurden Aktivierungen bei der Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale im BNST beobachtet, welcher im Tiermodell als zentralnervöse Struktur des vomeronasalen System beschrieben wurde und an der Ausführung chemosensorisch vermittelter Defensivreaktionen beteiligt ist (Scalia & Winans, 1975; Campenhausen & Mori, 2000; Fendt et al., 2003). Möglicherweise dient der BNST auch beim Menschen der Umsetzung eines chemosensorischeren Angstsignals in ein defensives Verhaltensprogramm. Aufgrund der relativ schwachen Ausprägungen der BNST-Aktivierungen kann die Existenz eines „pheromonalen“ Wahrnehmungssystems beim Menschen nur eine Vermutung bleiben.

Zusammenfassend sprechen die Befunde dafür, dass chemosensorische Angstsignale über das olfaktorische System wahrgenommen werden. Interessanterweise scheinen diese sozial relevanten Chemosignale jedoch nicht „typisch“ olfaktorische Wahrnehmungsprozesse hervorzurufen: Um in bildgebenden Studien zur Wahrnehmung angenehmer/unangenehmer Gerüche Valenz-Effekte abbilden zu können, werden häufig nur solche Reize eingesetzt, welche hinsichtlich ihrer Valenz eher Extremebereichen – d.h. „deutlich angenehme“ und „deutlich unangenehme“ Gerüche – beschreiben. In der vorliegenden Arbeit unterschieden sich die Wahrnehmenden nicht zwischen dem Angst- und dem Sportschweiß hinsichtlich ihrer Valenz (und in den meisten Fällen auch hinsichtlich der Intensität). Dennoch riefen der Angst- und der Sportschweiß differenzielle, hypothesenkonforme Aktivierungsmuster hervor. Es könnte hier argumentiert werden, dass die meisten ROI-Aktivierungen nur unter Anwendung eines liberalen Signifikanzniveaus aufgedeckt wurden und dementsprechend hätte auch die Signifikanzschwelle bei der Auswertung der subjektiven Daten herabgesetzt werden sollen. Hiergegen sprechen zu einem solche Effekte, welche unter Anwendung des konservativen Signifikanzniveaus, z.B. in der explorativen Datenanalyse zur Sozialen Ängstlichkeit, aufgedeckt wurden, ohne dass diese in den subjektiven Daten eine Entsprechung finden. Zum anderen

muss bedacht werden, dass 20 Wiederholungen pro Reizklasse eine eher geringe Trialanzahl darstellt und die Effekte aus diesem Grunde eine vergleichsweise geringe statistische Power besitzen. So wäre mit einer höheren Anzahl von Trials auch mit statistisch bedeutsameren Effekten zu rechnen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die fMRT-Sitzungen mit einer reinen Scanzeit von insgesamt mehr als ca. 40 Minuten schon als sehr lang zu bezeichnen ist. Möglicherweise hätten sich auch deutlichere Effekte eingestellt, wenn das Schweißprobengewicht erhöht worden wäre. So besaßen die hier eingesetzten Proben ein Gewicht von durchschnittlich ca. 0,8 Gramm. In anderen Studien wurden Proben mit einem höheren Gewicht (ca. 1 Gramm) eingesetzt und es wurden deutlich interpretierbare Effekte beobachtet (siehe Pause et al., 2004; Prehn et al., 2006). Es stellt sich jedoch die Frage, ob eine willkürliche Erhöhung der Konzentration sozial relevanter Chemosignale grundsätzlich auch eine lineare Zunahme der Reaktivität auf dieses Material hervorruft. Bislang ist nicht vorhersagbar, ob extrem hohe (und damit möglicherweise auch unnatürliche) Konzentrationen chemosensorischer Angstsignale andere Wahrnehmungsprozesse hervorrufen als geringere (möglicherweise eher natürliche) Konzentrationen.

Die Ergebnisse dieser Studie verweisen darauf, dass der menschliche Geruchssinn nicht als ein „Luxusorgan“ betrachtet werden sollte. Die Wahrnehmung chemosensorischer Reize ist vermutlich der phylogenetisch älteste und für viele Spezies der wichtigste Sinn, über welchen soziale Interaktionen reguliert werden (Firestein, 2001; Hildebrand, 1995; Strausfeld & Hildebrand, 1999; Wyatt, 2003). Manche Autoren gehen davon aus, dass sich aus dem olfaktorischen Wahrnehmungssystem im Laufe der Evolution die Strukturen entwickelten, welche heute mit der modalitätsübergreifenden Wahrnehmung emotional bedeutsamer Reize in Verbindung gebracht werden (Herz & Engen, 1996; bis Anfang des 20. Jahrhunderts wurde das Limbische System noch als Riechhirn bezeichnet; Riese-Lyon, 1935). In diesem Sinne finden emotionale Reaktionen ihren evolutionären Ursprung in chemosensorischen Anpassungsprozessen. Die Kommunikation emotionaler Reaktionen ist bei höher entwickelten Lebewesen ein unverzichtbarer Bestandteil zur Aufrechterhaltung eines überlebenswichtigen, sozialen Verbunds. Dabei ist eine chemosensorische Vermittlung von Alarmzuständen/Angst ein Phänomen, welches im Prinzip bei jeder mehrzelligen Spezies beobachtet werden kann. Somit sollte es also nicht verwundern, wenn auch wir Menschen durch die chemosensorischen Reize geängstigter Mitmenschen in unserem Fühlen und Handeln beeinflusst werden, auch wenn wir uns dessen nicht immer bewusst sind.

Sie stritten sich beim Wein herum,
Was das nun wieder wäre;
Das mit dem Darwin wär gar zu dumm
Und wider die menschIiche Ehre.

Sie tranken manchen Humpen aus,
Sie stolperten aus den Türen,
Sie grunzten vernehmlich und kamen zu Haus
Gekrochen auf allen vieren.

(Wilhelm Busch, 1847, Kritik des Herzens 23)

8 Zusammenfassung

Im Tierreich stellt die Produktion und Wahrnehmung chemosensorischer Reize einen unverzichtbaren Beitrag zur Steuerung komplexer sozialer Interaktionen dar. Zu dieser Form der chemosensorischen Interaktion gehört auch die Kommunikation von Stressreaktionen. Beim Menschen mehren sich mittlerweile die Hinweise darauf, dass auch er über chemosensorische Kanäle negative emotionale Zustände wie Angst kommuniziert.

In dieser Arbeit wurde die zentralnervöse Wahrnehmung chemosensorischer Angstsignale beim Menschen mit Hilfe der fMRT untersucht. Hierzu wurden Achselschweißproben und Speichelproben von 49 Spendern (21 Frauen) gesammelt, welche sich zum einen unmittelbar vor einer wichtigen akademischen, mündlichen Prüfung befanden und zum anderen an einer standardisierten sportlichen Tätigkeit (Ergometertraining) teilnahmen. Wie die Auswertung der subjektive Daten ergab, war die Zeit vor der Prüfung im Verglich zur Sportsituation durch ein hohes Maß an subjektiv erlebter Angst gekennzeichnet – ein Befund, welcher in den Speichelkortisolwerten Unterstützung fand. Die Schweißproben wurden homogenisiert und in Proben von 0,8 g mit Hilfe eines selbst konstruierten MR-kompatiblen Olfaktometers dargeboten. Um zu gewährleisten, dass dieses Olfaktometer chemosensorische Reize zuverlässig darbietet, wurde in einem eigenständigen Vorversuch (N = 8 Frauen) zur Wahrnehmung eines olfaktorischen Standardreizes die Validität der verwendeten Methode festgestellt.

Die chemosensorischen Reize wurden von 28 Vpn (14 Frauen) mit Hilfe von Ratingverfahren eingeschätzt und in einem Event-Related-Design im 3 Tesla MRT dargeboten, während dessen die BOLD-Aktivität aufgezeichnet wurde. Die Auswertung der subjektiven Daten deutetet darauf hin, dass der Angstschweiß weiblicher Spender zu einer Negativierung des Affekts führte. Die funktionellen Bilder zeigten auf, dass der Angstschweiß im Vergleich zum Sportschweiß wie erwartet zu vermehrten Aktivierungen in Hirnstrukturen führte, welche mit der Initiierung von Defensivverhalten assoziiert sind (Amygdala, Bed nukleus der Stria terminalis, Hippokampus und Hypothalamus). Darüber hinaus zeigten sich Aktivierungen in Regionen, welche mit der Wahrnehmung sozialer Reize in Verbindung gebracht werden (Somatosensorische Kortexareale, Gyrus fusiformis und Pulvinar) sowie mit Geruchsgedächtnisprozessen assoziiert sind (lateraler orbitofrontaler Kortex, Substantia nigra). Explorative Analysen deuten darauf hin, dass die Aktivitäten im Hippokampus, im OFK und in Somatosensorischen Kortexarealen im Zusammenhang mit der Sozialen Ängstlichkeit der Wahrnehmenden stehen. Es wurde diskutiert, dass chemosensorische Angstsignale beim Menschen über das olfaktorische System und nicht über ein spezifisch pheromonales System wahrgenommen werden.

9 Literatur

Abel, E.L. (1994). The pituitary mediates production or release of alarm chemoignals in rats. Hormones and Behavior, 28, 139-145.

Ackerl, K., Atzmüller, M. & Grammer, K. (2002). The Scent of Fear. Neuroendocrinology Letters, 23, 79-84.

Adams, M.G. (1980). Odor-producing organs of mammals. Symposia of the Zoological Society of London, 45, 57-86.

Adolph, D., Prehn, A., Orth, A., Laudien, J. H. Ferstl, R. & Pause, B. M. (2007). Social anxietx modulates the startle response to chemosensory anxiety signals in humans. Als Poster vorgestellt auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Psychophysiologie und ihre Anwendung (DGPA) in Dortmund.

Adolphs R. (2001). The neurobiology of social cognition. Current opinion in neurobiology, 11, 231-9.

Adolphs, R. (2002). Neural systems for recognizing emotion. Current Opinion in Neurobiology, 12, 169-177.

Adolphs, R. (2003). Cognitive neuroscience of human social behaviour. Nature reviews. Neuroscience, 4, 165-78.

Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G. & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience, 20, 2683-90.

Aggleton, J. P. & Saunders, R. C. (2004). The amygdala – what´s happened in the last decade? In Aggleton, P. P. (Ed.), The amygdala: a functional analysis, 2nd edition (1-30). New York: Oxford University Press.

Alexander, G. M. & Sherwin, B. B. (1993). Sex steroids, sexual behavior, and selection attention for erotic stimuli in women using oral contraceptives. Psychoneuroendocrinology, 18, 91-102.

Alheid, G. F., de Olmos, J. S. & Beltramino, C. A. (1995). Amygdala and extended amygdala. In Paxinos, G. (Ed), The rat nervous system, 2nd edition. (495–578). Sydney: Academic.

Amaral, D.G., Price, J.L., Pilkanen, A., Carmichael, S.T. (1992). Anatomical organisation of the primate amygdaloid complex. In Aggleton, J.P. (Ed.). The amygdala: neurobiological aspects of emotion, memory ans memory dysfunction (1-67), Wiley-Liss, New York.

Anderson, A.K., Christoff, K., Stappen. I., Panitz, D., Ghahremani, D.G., Glover, G., Gabrieli, J.D. & Sobel, N. (2003). Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. Nature Neuroscience, 6, 196-202.

Andersson, J. L., Hutton, C., Ashburner, J., Turner, R. & Friston, K. (2001). Modeling Geometric Deformations in EPI Time Series. NeuroImage, 13, 903-919.

Armony, J.L. & LeDoux, J. (2000). How Danger Is Encoded: Toward a Systems, Celular, and Computational Understanding of Cognitive-Emotional Interactions in Fear. In: Gazzangia, M.S. (Ed) The new cognitive neurosciences (1067-1079). Cambridge: MIT.

Asahina, M., Suzuki, A., Mori, M., Kanesaka, T. & Hattori, T. (2003). Emotional sweating response in a patient with bilateral amygdala damage. International Journal of Psychophysiology, 47, 87-93.

Averill, J. R. (1994). Emotions Are Many Splendored Things. In Ekman, P., Davidson, R. J. (Eds.), The Nature of Emotions: Fundamental Questions (99-102). New York: Oxford University.

Baas, D., Aleman, A. & Kahn, R. S. (2004). Lateralization of amygdala activation: a systematic review of functional neuroimaging studies. Brain Research Reviews, 45, 96– 103.

Bandettini, P. A., Birn, R. M. & Donahue, K., M. (2000). Functional MRI background, methodology, limits, and implementation. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. & Berntson, G. G. (Eds.), Handbook of Psychophysiology, 2nd edition (978-1014). Cambridge: Cambridge University Press.

Bandettini, P. A. & Cox, R. W. (2000). Event-related fMRI contrast when using constant interstimulus interval: theory and experiment. Magnetic resonance in medicine, 43, 540-8.

Banse, R. (2000). Soziale Interaktion und Emotion. In Otto, J.H., Euler, H.A., Mandl, H. (Hrsg.), Emotionspsychologie: ein Handbuch(360-369). Weiheim: Belz.

Bassett, J. R., Marshall, P. M. & Spillane, R. (1987). The physiological measurement of acute stress (public speaking) in bank employees. International journal of psychophysiology, 5, 265-73.

Bechara, A., Tranel, D., Damasio, H., Adolphs, R., Rockland, C. & Damasio, A. R. (1995). Double dissociation of conditioning and declarative knowledge relative to the amygdala and hippocampus in humans. Science 269, 1115–18.

Beier, K., Ginez, I. & Schaller, H. (2005). Localization of steroid hormone receptors in the apocrine sweat glands of the human axilla. Histochemistry and cell biology, 123, 61-65.

Bengtsson, S., Berglund, D. H., Gulyas, B., Cohen, E. & Savic, I. (2001). Brain activation during odor perception in males and females. Chemical Senses, 12, 2027–2033.

Bensafi, M., Brown, W. M., Khan, R., Levenson, B. & Sobel, N. (2004). Sniffing human sex-steroid derived compounds modulates mood, memory and autonomic nervous system function in specific behavioral contexts. Behavioural Brain Research, 152, 11–22.

Bensafi, M., Brown, W. M., Tsutsui, T., Mainland, J. D., Johnson, B. N., Bremner, E. A., Young, N., Mauss, I., Ray, B., Gross, J., Richards, J., Stappen, I., Levenson, R. W. & Sobel, N. (2003). Sex-steroids derived compounds induced sex-specific effects on autonomic nervous system function in humans. Behavioral Neuroscience, 177, 1125-1134.

Berglund, H., Lindström, P. & Savic, I. (2006). Brain response to putative pheromones in lesbian women. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103, 8269–8274.

Bethe, A. (1932). Vernachlässigte Hormone. Die Naturwissenschaften, 11, 177-181.

Bhatnagar, K. P. & Meisami, E. (1998). Vomeronasal organ in bats and primates: Extremes of structural variability and its phylogenetic implications. Microscopy Research and Technique 43, 465-475.

Birbaumer, N., Grodd, W., Diedrich, O., Klose, U., Erb, M., Lotze, M., Schneider, F., Weiss, U., & Flor, H. (1998). fMRI reveals amygdala activation to human faces in social phobics. Neuroreport, 9, 1223-6.

Birbaumer, N., Schmidt, R.F. (2006). Biologische Psychologie, 6. Auflage. Berlin: Springer.

Birbaumer, N., Veit, R., Lotze, M., Erb, M., Hermann, C., Grodd, W. & Flor, H. (2005). Deficient fear conditioning in psychopathy: a functional magnetic resonance imaging study. Archives of general psychiatry, 62, 799-805.

Birn, R. M., Cox, R. W. & Bandettini, P. A. (2002). Detection versus estimation in event-related fMRI: choosing the optimal stimulus timing. Neuroimage, 15, 252-64.

Bonabeau, E., Theraulaz, G., Deneubourg, J.-L., Franks, N. R., Rafelsberger, O., Joly, J.-L-. & Blanco, S. (1998). A model for the emergence of pillars, walls and royal chambers in termite nests. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 353, 1561-1576.

Born, J. & Fehm, H. L. (1998). .Hypothalamus-pituitary-adrenal activity during human sleep: a coordinating role for the limbic hippocampal system. Experimental and clinical endocrinology & diabetes, 106, 153-63.

Boucsein, W., 1988. Elektrodermale Aktivität. Springer Verlag.

Boyle, J. A., Zatorre, R. J., Pause, B. M. & Jones-Gotman, M. (2005). PET activations during smelling of androstenone: osmics versus anosmics. Chemical Senses, 30, A29.

Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. & Lang, P. J. (1999). Affect and the Startle Reflex. In Dawson, M.E., Schell, A.M., Böhmelt, A.H. (Eds.), Startle modification: Implications of neuroscience, cognitive sience, and clinical sience (157-183). Cambrigde: University Press.

Bradley, M. M. & Lang, P. J. (1994), Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, 25, 49-59.

Brain, P. F. & Haug, M. (1992). Hormonal and neurochemical correlates of various forms of animal "aggression". Psychoneuroendocrinology, 17, 537-51.

Brennan, P. A. & Keverne, E. B. (2003). The vomeronasal organ. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (935-979). New York: Marcel Decker.

Bronson, F. H., & Marsden, H. M. (1964). Male induced syncrony of estrus in deemice. Gen. Comp. Endocrinol, 4, 634-637.

Brothers, L. (1990). The neural basis of primate social communication. Motivation and Emotion, 14, 81-91.

Brown, R. E. (1979). Mammalian social odors: A critical review. In Rosenblatt, J .S., Hinde, R. A., Beer, C. & Bunsel, M.-C. (Eds.), Advances in the study of behavior, Vol.10, 103-62. New York: Academic Press.

Buchanan, T.W., Tranel, D. & Adolphs, R. (2003). A specific role for the human amygdala in olfactory memory. Learning & Memory, 10, 319-325.

Buck, R. (1986). The psychology of emotion. In LeDoux, J. & Hirsch, W. (Eds.) Brain and Mind: Dialogues between Cognitive Psychology and Neuroscience. New York: Cambridge University Press.

Burdach, K. J. (1988). Geschmack und Geruch: Gustatorische, olfaktorische und trigeminale Wahrnehmung. Bern: Hans Huber Verlag.

Burrow, Eccels & Jones, (1983). The effects of camphor, eucalyptus and menthol vapour on nasal resistance to airflow and nasal sensation. Acta oto-laryngologica, 96, 157-61.

Butler, P.D., Weiss, J. M., Stout, J. C. & Nemeroff, C. B. (1990). Corticotropin-releasing factor produces fear-enhancing and behavioral activating effects following infusion into the locus coeruleus. Journal of Neuroscience, 10, 176-183.

Büchel, C., Morris, J., Dolan, R.J. & Friston, K. J. (1998). Brain systems mediating aversive conditioning: an event-related fMRI study. Neuron, 20, 947-957.

Cacioppo, J. T. & Petty R. E. (1981). Electromyograms as measures of extent and affectivity of information processing. The American psychologist, 36, 441-56

Cahill, L., Haier, R. J., Fallon, J., Alkire, M. T., Tang, C., Keator, D., Wu, J. & McGaugh, J. L. (1996) Amygdala activity at encoding correlated with long-term, free recall of emotional information. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 93, 8016–8021.

Cahill, L., Haier, R. J., White, N. S., Fallon, J., Kilpatrick, L., Lawrence, C., Potkin, S. G. & Alkire, M. T. (2001). Sex-related difference in amygdala activity during emotionally influenced memory storage. Neurobiology of learning and memory, 75, 1-9.

Cahill, L., Uncapher, M., Kilpatrick, L., Alkire, M. T. & Turner, J. (2004). Sex-Related Hemispheric Lateralization of Amygdala Function in Emotionally Influenced Memory: An fMRI Investigation. Learning Memory, 11, 261-266.

Cain, W. S. & Murphy, C. L. (1980). Interaction between chemoreceptive modalities of odour and irritation. Nature 284, 255 – 257.

Campeau, S. & Davis, M. (1995). Involvement of the Central Nucleus and Basolateral Complex of the Amygdala in Fear Conditioning Measured with Fear-Potentiated Stratle in Rats Trained Concurrently with Auditory and Visual Conditioned Stimuli. The Journal of Neuroscience, 15(3), 2301-2311.

Campenhausen von, H. & Mori, K. (2000). Convergence of segregated pheromonal pathways from the accessory olfactory bulb to the cortex in the mouse. The European journal of neuroscience, 12, 33-46.

Cannistraro, P. A. & Rauch, S. L. (2003). Neural Circuitry of Anxiety: Evidence from Structural and Functional Neuroimaging Studies Psychopharmacology Bulletin, 37, 8-25.

Cannon, W. B. (1932). The wisdom of the body. New York: Norton.

Carmichael, S.T., Clugnet, M.-C. & Price, J.L. (1994). Central Olfactory Connections in the Macaque Monkey. The Journal of Comparative Neurology, 346, 403-434.

Chabaud, P., Ravel, N., Wilson, D. A., Mouly, A. M., Vigouroux, M., Farget, V. & Gervais, R. (2000). Exposure to behaviourally relevant odour reveals differential characteristics in rat central olfactory pathways as studied through oscillatory activities. Chemical Senses, 25, 561-573.

Chen, D. & Haviland-Jones, J. (2000). Human Olfactory Communication of Emotion. Perceptual and Motor Skills, 91, 771-781.

Chen, D., Katdare, A. & Lucas, N. (2006). Chemosignals of Fear Enhance Cognitive Performance in Humans. Chemical Senses, 31, 415–423.

Chen, S. W., Shemyakin, A. & Wiedenmayer, C. P. (2006). The Role of the amygdala and olfaction in unconditioned fear in developing rats. Journal of Neuroscience, 26, 233-240.

Christensen, T. A. & White, J. (2000). Representation of olfactpry information in the brain. In Finger, T.E., Silver, W.L. & Resterop, D. (Eds.), The neurobiology of taste and smell, 2nd edition (201-232). New York: Wilney-Liss.

Christiansen, K. & Hars, O. (1995). Effects of stress anticipation and stress coping strategies on salivary testosterone levels. International journal of psychophysiology, 3, 264.

Christiansen, K. (1998). Behavioural correlates of testosterone. In Nieschlag, E. & Behre, H. M. (Eds.). Testosterone. Action – Deficiency – Substitution, 2nd edition (107-142). Heidelberg: Springer.

Christiansen, K. (1999). Hypophysen-Gonaden-Achse (Mann). In Kirschbaum, C. & Hellhammer, D.H. (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie I, Biologische Psychologie, Band 3, Psychoendokrinologie und Psychoimmunologie (141-222). Göttigen: Hogrefe.

Clark, L. A. & Watson, D. (1994). Distinguishing Functional from Dysfunctional Affective Responses. In Ekman, P., Davidson, R. J. (Eds.), The Nature of Emotions: Fundamental Questions (131-136). New York: Oxford University.

Cleland, T. A. & Linster, C. (2003). Central olfactory structures. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (165-180). New York: Marcel Decker.

Clore, G. C. (1994). Why Emotions Are Felt. In Ekman, P., Davidson, R. J. (Eds.), The Nature of Emotions: Fundamental Questions (103-111). New York: Oxford University.

Cocke, R., Moynihan, J.A., Cohen, N., Grota, L. J. & Ader, R. (1993). Exposure to Conspecific Alarm Chemosignals Alters Immune Responses in BALB/c Mice. Brain, Behavior, and Immunity 7, 36-46.

Cohn, B. A. (1994). In search of hunan skin pheromones. Archieves of Dermatology, 130, 1048-51.

Collins, D. L., Zijdenbos, A. P., Kollokian, V., Sled, J. G., Kabani, N. J., Holmes, C. J. & Evans, A. C. (1998). Design and Construction of a Realistic Digital Brain Phantom, IEEE Transactions on Medical Imaging, 17, 463-468.

Cowley, J. J. & Brooksbank, B. W. (1991). Human exposure to putative pheromones and changes in aspects of social behaviour. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology, 39, 647-59.

Craig E. L. Stark, C.E. & Squire, L.R. (2001). When zero is not zero: The problem of ambiguous baseline conditions in fMRI. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 98, 12760-12765.

Crawley, J. N. (1981). Neuropharmacologic specificity of a simple animal model for the behavioral actions of benzodiazepines. Pharmacology, biochemistry, and behavior, 15, 695-9.

Critchley, H., Daly, E., Phillips, M., Brammer, M., Bullmore, E., Williams, S., Van Amelsvoort, T., Robertson, D., David, A. & Murphy, D. (2000). Explicit and implicit neural mechanisms for processing of social information from facial expressions: a functional magnetic resonance imaging study. Human brain mapping, 9, 93-105.

Critchley, H. D. & Rolls, E.T. (1996a). Olfactory neuronal responses in the primate orbitofrontal cortex: analysis in an olfactory discrimination task. Journal of Neurophysiology, 75, 1659-1672.

Critchley, H. D. & Rolls, E.T. (1996b). Hunger and satiety modify the responses of olfactory and visual neurons in the primate orbitofrontal cortex. Journal of Neurophysiology, 75, 1673-1686.

Culham, J.C. (2004). Functional neuroimaging: experimental Designs and analysis. In Cabeza, R. & Kingstone, A. (Eds.) Handbook of functional neuroimaging of cognition 2nd Ed. (53-82), Cambridge: MIT Press Cambridge.

Dade, L. A., Jones-Gotman, M., Zatorre, R. J. & Evans, A. C. (1998). Human brain function during odor encoding and recognition: A PET activation study. Annals of the New York Academy of Sciences, 855, 572–574.

Dade, L., Zatorre, R.J. & Jones-Gotman, M. (2002). Olfactory learning: convergent findings from lesion and brain imaging studies in humans. Brain, 125, 86-101.

Dalton, P., Wysocki, C. J., Brody, M. J. & Lawley, H. J. (1997). The influence of cognitive bias on the perceived odor, irritation and health symptoms form chemical exporsure. International Archives of Occupational and Environmental Health, 69, 407-417.

Damasio, A.R. (2004). Descartes Irrtum. List, München.

Darwin, C. (1872). Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und dem Tieren. Neuerscheinung (2000). Frankfurt a.M.: Eichborn.

Darwin, C. (1887). The descent of man and selection in relation to sex. (2nd ed, revised). John Murray, London.

Davidson, J. M., Kwan, M. & Greenleaf, W. J. (1982). Hormonal replacement and sexuality in men. Clinics in endocrinology and metabolism, 11, 599-623.

Davidson, R.J. (1998). Affective style and affective disorders: perspectives from affective neuroscience. Cognition and Emotion, 12, 307-330.

Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D. & Senulis, J. A. (1990). Approach–withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology. I. Journal of personality and social psychology, 58, 330–341.

Davidson, R. J. & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. Trends in Cognitive Sciences, 3, 11-21.

Davis, M. (2002). Neural Circuitry of Anxiety and Stress Disorders. Davis, K. L., Charney, D., Coyle, J. T. & Nemeroff, C. (Eds.) Neuropsychopharmacology: The Fifth Generation of Progress, American College of Neuropsychopharmacology (932-951). Ort: American College of Neuropsychopharmacology.

Davis, M. (2004). The role of the amygdala in conditioned and unconditionedd fear and anxiety. In Aggleton, J. P. (Ed.). The amygdala: a functional analysis 2nd edition (213-287). New York: Oxford University Press.

Davis, M., Walker, D.L. & Lee, Y. (1997). Amygdala and bed nucleus of the stria terminalis: differential roles in fear and anxiety measured with the acoustic startle reflex. Phil. Trans. Royal Society London, 352, 1675-1687.

Dawley, E. M. (1998). Species, sex, and seasonal differences in VNO size. Microscopy Research and Technique, 41, 506-518.

de Araujo, I. E., Rolls, E. T., Velazco, M., I., Margot, C. & Cayeux, I. (2005). Cognitive Modulation of Olfactory Processing. Neuron, 46, 671–679.

de Gelder, B., Snyder, J., Greve, D., Gerard, G. & Hadjikhani, N. (2004). Fear fosters flight: a mechanism for fear contagion when perceiving emotion expressed by a whole body. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101, 16701-6.

DeOlmos, J., Alheid, G.F. & Beltrmino, C.A. (1985). Amygdala. In Paxinos, G. (Ed.), The rat nervous system (233-334), Vol.1, New York, Academic Press.

De Wijk, R. A., Vaessen, W., Heidema, J. & Köster, E. P. (1996). An injection olfactometer for humans and a new method for the measurement of the shape of the olfactory pulse. Behavior research methods, instruments, & computers, 28, 383–91.

Dicke, M., Agrawal, A. A. & Bruin, J. (2003). Plants talk, but are they deaf?. Trends in Plant Science, 8, 403-405.

Dicke, M. & Bruin, J. (2001). Chemical information transfer between plants: back to the future. Biochemical Systematics and Ecology, 29, 981-994.

Dielenberg, R.A. & McGregor, I.S. (2001). Defensive behavior in rats towards predatory odors: a review. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 25, 597-609.

Dimberg, U. (1988). Facial expressions and emotional reactions: A psychobiological analysis of human social behavior. In Wagner, H.L. (Ed.), Social Psychophysiology and Emotion: Theory and Clinical Applications (131-150) Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Distel, H., Ayabe-Kanamura, S., Martínez-Gómez, M., Schicker, I., Kobayakawa, T., Saito, S. & Hudson, R. (1999). Perception of everyday odors - correlation between intensity, familiarity and strength of hedonic judgement. Chemical Senses, 24. 191-199.

Distel, H. & Hudson, R. (2001). Judgement of odor intensity is influenced by subjects' knowledge of the odor source. Chemical Senses, 26, 247-51.

Dluzen, D.E., Muraoka, S., Engelmann, M., Ebner, K. & Landgraf, R. (2000). Oxytocin induces perseveration of social recognition in male rats by activating alpha-adrenoreceptors of the olfactory bulb. European Journal of Neuroscience, 12, 760-766.

Dolan, R. J. (2002). Emotion, Cognition, and Behavior. Science, 1191-1194

Donders, F.C. (1969). On the speed of mental processes. Acta Psychologica, 30, 412-431.

Doronbekov, T. K., Tokunaga, H., Ikejiri, Y., Kazui, H., Hatta, N., Masaki, Y., Ogino, A., Miyoshi, N., Oku, N., Nishikawa, T. & Takeda, M. (2005). Neural basis of fear conditioning induced by video clip: positron emission tomography study. Psychiatry and clinical neurosciences, 59, 155-62.

Dorries, K.M., Adkins-Regan, E. & Halpern, B.P. (1997). Sensitivity and behavioural responses to the pheromone androstenone are not mediated by the vomeronasal organ in domestic pigs. Brain, behavior and evolution, 49, 53-62.

Doty, R .L. (1985). The primates III: humans. In Brown, R.E., MacDonald, D.W. (Eds.), Social odours in mammals: Volume 2 (805-832). Oxford: Clarendon.

Doty, R. L. (1991a). Olfactory system. In Getchell et al. (Eds.), Smell and Taste in Health and Disease, (175-203), New York: Raven Press.

Doty, R. L. (1991b). Psychophysical measurement of odor perception in humans. In Laing, D.G., Doty, R.L., Breipohl, W. (Eds.). The human sense of smell (95-134). Berlin: Springer.

Doty, R. L. (2003). Mammalian Pheromones: Facts or Fantasy?. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (981-999). New York: Marcel Decker.

Doty, R. L., Brugger, W. E., Jurs, P. C., Orndorff, M. A., Snyder, P. J. & Lowry, L. D. (1978). Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans. Physiology & behaviour, 20, 175-85.

Doty, R. L. & Laing, D. G. (2003). Psychophysiological measurement of human olfactory function, including odorant mixture assessement. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (203-249). New York: Marcel Decker.

Doty, R. L. & Cometto-Muñiz, J. E. (2003). Trigeminal Chemosensation. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (981-999). New York: Marcel Decker.

Doty, R. L., Orndorff, M. M., Leyden, J. & Kligman, A. (1978). Communication of Gender from Human Axillary Odors: Relationship to Perceived Intensity and Hedonicity. Behavioral Biology, 23, 373-380.

Doty, R. L., Shaman, P. & Dann, M. (1984). Development of the University of Pennsylvania Smell Identification Test: a standardized microencapsulated test of olfactory function. Physiology & behaviour, 32, 489-502.

Dulac, D. & Axel, R. (1995). A novel family of genes encoding putative pheromone receptors in mammals, Cell, 83, 195-206.

Dunn, A. J. & Berridge, C. W. (1990). Physiological and behavioral responses to corticotropin-releasing factor administration: is CRF a mediator of anxiety or stress responses? Brain research reviews, 15, 71-100.

Dupont, S., Bouilleret, V., Hasboun, D., Semah, F. & Baulac, M. (2003). Functional anatomy of the insula: new insights from imaging. Surgical and radiologic anatomy, 25, 113-119.

Døving, K. B. & Trotier, D. (1998). Structure and function of the vomeronasal organ. The Journal of Experimental Biology, 201, 2913–2925.

Elias, A. N. & Wilson, A .F. (1993). Exercise and gonadal function. Human reproduction (Oxford, England), 8, 1747-61.

Ekman, P. (1971). Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. In Cole, J. (Ed.), Nebraska Symposium on Motivation (207-283). Lincoln: University of Nebraska Press.

Eibl-Eibesfeldt, I. (1995). Die Biologie des menschlichen Verhaltens: Grundriß der Humanethologie, 3 Auflage. München: Piper

Eichenbaum, H. (2000). A cortical-hippocampal system for declarative memory. Nature Neuroscience, 1, 41-50.

Erickson, K., Drevets, W. & Schulkin, J. (2003). Glucocorticoid regulation of diverse cognitive functions in normal and pathological emotional states. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 27, 233–246.

Fanselow, M.S. (1985). Odors Released by Stressed Rats Produce Opioid Analgesia in Unstresst Rats. Behavioral Neuroscience, 99, 589-592.

Fendt, M., Endres, T. & Apfelbach, R. (2003). Temporary inactivation of the bed nucleus of the stria terminalis but not of the amygdala blocks freezing induced by trimethylthiazoline, a component of fox feces. Journal of Neuriscience, 23, 23-28.

Ferry, B:, Oberling, P., Jarrard, L.E. & Di Scala, G. (1996). Facilitation of conditioned odor aversion by entorhinal cortex lesions in the rat. Behavioral neuroscience, 110, 443-50.

Fewell, G. D. & Meredith, M. (2002). Experience facilitates vomeronasal and olfactory influence on Fos expression in medial preoptic area during pheromone exposure or mating in male hamsters. Brain Research, 941, 91–106.

File, S. E. & Hyde, J. R. (1978). Can social interaction be used to measure anxiety? British journal of pharmacology, 62, 19-24.

File, S. E. & Peet, L.A. (1980). The sensitivity of the rat corticosterone response to environmental manipulations and to chronic chlordiazepoxide treatment, Physiology & behavior, 25, 753-8.

Filsinger, E. E., Braun, J. J., Monte, W. C. & Linder, D. E. (1984). Human (Homo sapiens) responses to the pig (Sus scrofa) sex pheromone 5 alpha-androst-16-en-3-one. Journal of comparative psychology, 98, 219-22.

Filsinger, E. E., Braun, J. J. & Monte, W. C. (1985). An examination of the effects of Putative pheromones on human judgments. Ethology and Sociobiology, 6, 227-236.

Firestein, S. (2001). How the olfactory system makes sense of scents. Nature, 413, 211-218.

Follenius, M., Candas, V., Bothorel, B. & Brandenberger, G. (1989). Effect of rehydration on atrial natriuretic peptide release during exercise in the heat. Journal of applied physiology, 66, 2516-21.

Fox, P. T. & Raichle, M. E. (1986). Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 83, 1140-1144.

Frederikson, M., Sundin, O. & Frankenhauser, M. (1985). Cortisol Excretion During the Defense Reaction in Humans. Psychosomatic Medicine, 47, 313-319.

Frijda, N. H. (1994). Emotions Are Functional, Most of the Time. In Ekman, P., Davidson, R. J. (Eds.), The Nature of Emotions: Fundamental Questions (112-122). New York: Oxford University.

Friston, K. J., Williams, S. R., Howard, R., Frackowiak, R. S. & Turner, R. (1996). Movement-related effect in fMRI time-series. Magnetic resonance in medicine, 35, 346-355.
Fullbright, R. K., Skudlarski, P., Lacadie, C. M., Warrenburg, S., Bowers, A. A., Gore, J. C. & Wexler, E. (1998). Functional MR imaging of regional brain responses to pleasant and unpleasant odors. American Journal of Neuroradiology, 19, 1721-1726.

Furmark, T., Tillfors, M., Marteinsdottir, I., Fischer, H., Pissiota, A., Langstrom, B. & Fredrikson, M. (2002). Common changes in cerebral blood flow in patients with social phobia treated with citalopram or cognitive-behavioral therapy. Archives of General Psychiatry, 59, 425–433.

Fydrich, T. (2002). Soziale Phobie und Angst Inventar (SPAI). In E. Brähler, J. Schumacher & B. Strauß (Hrsg.). Diagnostische Verfahren in der Psychotherapie (335-338). Göttingen: Hogrefe.

Gewirtz, J. C., McNish, K. A. & Davis, M. (1998). Lesions of the bed nucleus of the stria terminalis block sensitization of the acoustic startle reflex produced by repeated stress, but not fear-potentiated startle. Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry, 22, 625-48.

Giancola, S. B., Roder, S., Ciriello, J. (1993). Contribution of caudal ventrolateral medulla to the cardiovascular responses elicited by activation of bed nucleus of the stria terminalis. Brain Research, 606, 162–166.

Gottfried, J. A., Deichmann, R., Winston, J. B. & Dolan, R. J. (2002). Functional Heterogeneity in human olfactory cortex: An event-relted functional magnetic resonance imaging study. Journal of Neuroscience, 22, 10819-10828.

Gottfried, J. A., O'Doherty, J. & Dolan, R. J. (2002). Appetitive and aversive olfactory learning in humans studied using event-related functional magnetic resonance imaging. The Journal of neuroscience, 15, 10829-37.

Gottfried, J. A., Smith, A. P., Rugg, M. D. & Dolan, R. J. (2004). Remembrance of Odors Past: Human Olfactory Cortex in Cross-Modal Recognition Memory. Neuron, 42, 687–695.

Gower, D.B. (1994). Humanpheromone?. In Jellinek, P. & Jellinek, J.S. (Hrsg.), Die psychologischen Grundlagen der Pafümerie, 4. Auflage (174-194). Heidelberg: Hütchig.

Gower, D. B, Bird, S., Sharma, P. & House, F. R. (1985). Axillary 5 alpha-androst-16-en-3-one in men and women: relationships with olfactory acuity to odorous 16-androstenes. Experientia, 41, 1134-6.

Gower, D. B. & Ruparelia, B. A. (1993). Olfaction in humans with special reference to odorous 16-androstenes: their occurrence, perception and possible social, psychological and sexual impact. The Journal of endocrinology, 137, 167-87.

Grant, V. J., & France, J. T. (2001). Dominance and testosterone in women. Biological Psychology, 58, 41-47.

Grillon, C. & Davis, M. (1995). Acoustic startle and anticipatory anxiety in humans: Effects of monaural right and left ear stimulation. Psychophysiology, 32, 155-161.

Greer, A. (1991). Structural Organization of the olfactory system. In Getchell, T.V. et al. (Eds.), Smell and Taste (65-81). New York: Raven Press.

Greicius, M.D., Krasnow, B., Reiss, A.L. & Menon V. (2003). Functional connectivity in the resting brain: A network analysis of the default mode hypothesis. Proceedings of the National Academy of Sciences, 100, 253-258.

Grieve, K. L., Acuña, C. & Cudeiro, J. (2000). The primate pulvinar nuclei: vision and action. Trends in neurosciences, 23, 35-9.

Gulyás, B., Kéri, S., O'Sullivan B. T., Decety, J. & Roland, P. E. (2003). The putative pheromone androstadienone activates cortical fields in the human brain related to social cognition. Neurochemistry International, 44, 595–600.

Gusnard, D.A. & Raichle, M.E. (2001). Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. Nature reviews. Neuroscience, 2, 685-649.

Hadany, L., Beker, T., Eshel, I. & Feldman, M. W. (2006). Why is stress so deadly? An evolutionary perspective. Proceedings Biological sciences / The Royal Society, 7, 881-5.

Hadjikhani, N. & de Gelder, B. (2003). Seeing fearful body expressions activates the fusiform cortex and amygdala. Current biology, 13, 2201-5.

Hakkinen, K. & Pakarinen, A. (1995). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. International journal of sports medicine, 16, 507-13.

Hall, J. A. & Matsumoto, D. (2004). Gender differences in judgments of multiple emotions from facial expressions. Emotion, 4, 201-6.

Halpern, M., Jia, C., Shapiro, L. S. (1998). Segregated pathways in the vomeronasal system. Microscopy research and technique, 41, 519-29.

Hamann, S. (2001). Cognitive and neural mechanisms of emotional memory. Trends in Cognitive Sciences, 5, 394-400.

Hamann, S. (2003). Nosing in on the emotional brain Nature neuroscience,.6, 106-8.

Hamm, A. O. & Vaitl, D. (1993). Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen Psychologische Rundschau, 44, 143-161.

Hamm, A.O., Schupp, H.T. & Weike, A.I. (2002). Emotion und Aktivation: Motivationale Organisation von Emotionen. In Elbert, T. & Birbaumer, N. (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie I, Biologische Psychologie, Band 3, Biologische Grundlagen der Psychologie (633-682). Göttingen: Hogrefe.

Harris, L. M., Cumming, S. R. &. Menzies, R. G. (2004). Predicting anxiety in magnetic resonance imaging scans. International journal of behavioral medicine, 11, 1-7.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. Trends in Cognitive Sciences, 4, 223-233.

Hayden, G. F. (1980). Olfactory diagnosis in medicine. Postgraduate medicine. 67, 110-5, 118.

Hays, W. S. (2003). Human pheromones: have they been demonstrated? Behavioral Ecology and Sociobiology, 54, 89-97.

Häkkinen, K. & Pakarinen, A. (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. Journal of applied physiology, 74, 882–887.

Heale, V. R. & Vanderwolf, C. H. (1994). Dentate gyrus and olfactory bulb responses to olfactory and noxious stimulation in urethane anaesthetized rats. Brain Research, 652, 235-242.

Heckmann, M., Teichmann, B., Pause, B. M. & Plewig, G. (2003). Amelioration of Body Odor After Intracutaneous Axillary Injection of Botulinum Toxin A. Archives of Dermatology, 139, 57-59.

Heeger, D. J., Ress, D. (2002). What does fMRI tell us about neuronal activity? Nature reviews. Neuroscience, 3, 142-51.

Heller, S. B. & Halpern, M. (1982). Laboratory observations of aggregative behaviour of garter snakes, Thamnophis sirtalis – roles of visual, olfactory, and vomeronasal senses. Journal of Comparative and Physiological Psychology, 96, 984-999.

Henning, H. (1924). Der Geruch. Leipzig: Barth.

Hermans, D. & Baeyens, F. (2002). Acquisition and activation of odour hedonics in everyday situations: Conditioning and priming studies. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holly, A. (Eds.) Olfaction, taste, and cognition (119-139). Cambridge: Cambridge University Press.

Herrada, G. & Dulac, C. (1997). A novel family of putative pheromone receptors in mammals with a topographically organized and sexually dimorphic distribution, 22, 763-73.

Herz, R. S. (2002). Influences of odors on mood and affective cognition. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holly, A. (Eds.) Olfaction, taste, and cognition (160-177). Cambridge: Cambridge University Press.

Herz, R. S. & Clef, J. von (2001). The influence of verbal labelling on the perception of odors: Evidence for olfactory illusions? Perception, 30, 381-391.

Herz, R. S. & Engen, T. (1996) Odor memory: review and analysis. Psychonomic bulletin & review, 3, 300 –313.

Herz, R., Eliassen, J., Beland, S. & Souza, T. (2004). Neuroimaging evidence fort he emotional potency of odor-evoked memory. Neuropsychologia, 42, 371-378.

Hildebrand, J. G. (1995). Analysis of chemical signals by nervous systems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 92, 67-74.

Holstege, G., Meiners, L. & Tan, K. (1985). Projections of the bed nucleus of the stria terminalis to the mesencephalon, pons, and medulla oblongata in the cat. Experimental brain research, 58, 379-91.

Hopkins, D. A. (1987). The dorsal motor nucleus of the vagus nerve and the nucleus ambiguus : Structure and connections. In Hainsworth, R., McWilliam, P. N. & Mary, D. A. (Eds), Cardiogenic Reflexes (185–203). Oxford: Oxford University Press.

Horton, T. J., Pagliassotti, M. J., Hobbs, K. & Hill, J. O. (1998). Fuel metabolism in men and women during and after long-duration exercise. Journal of applied physiology, 85, 1823-32.

Hölldobler, B. & Wilson, E. O. (1978). The multiple recruitment systems of the african weaver ant Oecophylla longinoda (Latreille) (Hymenoptera: Formicidae). Behavioral Ecology and Sociobiology, 3, 19-60.

Hudrey, J., Ryvlin, P. & Royet, J.-P., Mauguiére, F. (2001). Odorants elicit potentials in the human amygdala. Cerebral Cortex, 11, 1047-3211.

Hudry, J., Perrin, F., Ryvlin, P., Mauguière, F. & Royet, J-P. (2003). Olfactory short-term memory and related amygdala recordings in patients with temporal lobe epilepsy. Brain, 126, 1851-1863.

Hudson, R. & Distel, H. (2002). Geruch. In Elbert, T. & Birbaumer, N. (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie I, Biologische Psychologie, Band 3, Biologische Grundlagen der Psychologie (283-321). Göttingen: Hogrefe.

Huettel, S. A., McKeown, M. J., Song, A. W., Hart, S., Spencer, D. D., Allison, T. & McCarthy, G. (2004). Linking Hemodynamic and Electrophysiological Measures of Brain Activity: Evidence from Functional MRI and Intracranial Field Potentials. Cerebral Cortex, 14, 165-173.

Huettel, S. A., Song, A. W. & McCarthy, G. (2004). Functional Agentic Resonance Imaging. Massachusetts: Sinauer Associates.

Hugdahl, K., Berardi, A., Thompson, W. L., Kosslyn, S. M., Macy, R., Baker, D. P., Alpert, N. M. & LeDoux, J. E. (1995). Brain mechanisms in human classical conditioning: a PET blood flow study. Neuroreport, 6, 1723-1728.

Hummel, T., Doty, R. L. & Yousem, D. M. (2005). Functional MRI of intranasal chemosensory trigeminal activation. Chemical Senses, 30, 205–206.

Hutton, C., Bork, A., Josephs, O., Deichmann, R., Ashburner, J. & Turner, R. (2002). Image Distortion Correction in fMRI: A Quantitative Evaluation. NeuroImage, 16, 217-240.

Ishai, A., Pessoa, L., Bikle, P. C. & Ungerleider, L.G. (2004). Repetition suppression of faces is modulated by emotion. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101, 9827-32.

Ishimaru, T., Shimada, T., Miwa, T. & Furukawa, M., (2002). Electrically stimulated olfactory evoked potential in olfactory disturbance. The Annals of otology, rhinology, and laryngology, 111, 518-22.

Jacob, S., Kinnunen, L. H., Metz, J., Cooper, M. & McClintock, M. K. (2001). Sustained human chemosignals unconsciously alters brain function. Chemical Senses, 12, 2391-2394.

Jacob, S. & McClintock, M. K. (2000). Psychological state and mood effects of steroidal chemosignals in women and men. Hormones Behaviour, 37, 57–78.

Jacob, S., Zelano, B., Hayreh, D. J. & McClintock, M. (2002). Assessing putative human pheromones. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holly, A. (Eds.) Olfaction, taste, and cognition (178-195). Cambridge: Cambrigde University Press.

Jianakoplos, N. A. & Bernasek, A. (1994). Are women more risk averse?. Economic Enquiry, 36, 620-630.

Jones-Gotman, M. & Zatorre, R. J. (1988). Olfactory identification deficits in patients with focal cerebral excision. Neuropsychologia, 26, 387–400.

Jones-Gotman, M. & Zatorre, R. J. (1993). Odor recognition memory in humans: role of right temporal and orbitofrontal regions. Brain and cognition, 22, 182-98.

Johnston, R. E. (1998). Pheromones, the vomeronasal system, and communication. From hormonal responses to individual recognition. Annals of the New York Academy of Sciences, 30, 333-48.

Joseph, R. (1990). Neuropsychology, Neuropsychiatry, and Behavioral Neurology. New York: Plenum.

Kalin, N. H., Shelton, S. E., Davidson, R.J. (2004). The role of the central nucleus of the amygdala in mediating fear and anxiety in the primates. Journal of neuroscience, 24, 5506-5515.

Kalin, N. H., Shelton, S. E., Fox, A. S., Oakes, T. R., Davidson, R. J. (2005). Brain regions associated with the expression and contextual regulation of anxiety in primates. Biological psychiatry, 58, 796-804.

Kaluza, J. F., Gussing, F., Bohm, S., Breer, H. & Strotmann, J. (2004). Olfactory Receptors in the Mouse Septal Organ. Journal of Neuroscience Research, 76, 442–452.

Karlson, P. & Lüscher, M. (1959). „Pheromones“: A new term for a class of biologically active substances. Nature, London, 183, 55-6.

Kelly, J. P., Wrynn, A. S. & Leonard, B.E. (1997). The olfactory bulbectomized rat as a model of depression: an update. Pharmacology & therapeutics. 74, 299-316.

Kemmler, W., Wildt, L., Engelke, K., Pintag, R., Pavel, M, Bracher, B., Weineck, J. & Kalender, W. (2003). Acute hormonal responses of a high impact physical exercise session in early postmenopausal women. European journal of applied physiology, 90, 199-209.

Kesler-West, M. L., Andersen, A. H., Smith, C. D., Avison, M. J., Davis, C. E., Kryscio, R. J. & Blonder, L. X. (2001). Neural substrates of facial emotion processing using fMRI. Brain research: Cognitive brain research, 11, 213-26.

Kettenmann, B., Hummel, T. & Kobal, G. (2001). Functional imaging of olfactory activation in the human brain. In Simon, S. A. & Nicolelis, M. A. (Eds), Methods and Frontiers in Chemosensory Research (477-506). Boca Raton, USA: CRC Press.

Kettenmann, B., Jousmaki, V., Portin, K., Salmelin, R., Kobal, G. & Hari, R. (1996). Odorants activate the human superior temporal sulcus. Neuroscience letters., 203, 143–145.

Keverne, E. B. (1998). Vomeronasal/accessory olfactory system and pheromonal recognition. Chemical Senses, 23, 491-494.

Keverne, E. B. (1999). The vomeronasal organ. Science, 286, 716-720.

Khaksari, M., Mahmoodi, M., Rezvani, M. E., Sajjadi, M. A., Karam, G. A. & Hajizadeh, S. (2005). Differences between male and female students in cardiovascular and endocrine responses to examination stress. Journal of Ayub Medical College, Abbottabad, 17, 15-9.

Killgore, W. D. & Yurgelun-Todd, D. A. (2001). Sex differences in amygdala activation during the perception of facial affect. Neuroreport, 12, 2543-2547.

Kikusui, T., Takigami, S., Takeuchi, Y. & Mori, Y. (2001). Alarm pheromone enhances stress-induces hyperthermia in rats. Physiology & Behavior, 72, 45-50.

Kiyokawa, Y., Kikusui, T., Takeuchi, Y. & Mori, Y. (2004). Alarm Pheromones with Different Functions are Released from Different Regions of the Body Surface of Male Rats, Chemical Senses, 29 35-40.

Kirschbaum, C. & Hellhammer, D. H. (1999). Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenchse. In Kirschbaum, C. & Hellhammer, D. H. (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie I, Biologische Psychologie, Band 3, Psychoendokrinologie und Psychoimmunologie (79-140). Göttigen: Hogrefe.

Kirschbaum, C., Pirke, K. M. & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test'--a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. Neuropsychobiology, 28, 76-81.

Kirschbaum, C., Wüst, S. & Hellhammer, D. (1992). Consistent sex differences in cortisol responses to psychological stress. Psychosomatic medicine, 54, 648-57.

Knecht, S., Deppe, M., Dräger, B., Bobe, L., Lohmann, H., Ringelstein, E.-B. & Henningsen, H. (2000). Language lateralization in healthy right-handers. Brain, 123, 74-81.

Knutsson, U., Dahlgren, J., Marcus, C., Rosberg, S., Bronnegard, M., Stierna, P. & Albertsson-Wikland, K. (1997). Circadian Cortisol Rhythms in Healthy Boys and Girls: Relationship with Age, Growth, Body Composition, and Pubertal Development. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 82, 536-40.

Kobal, G. (1985) Pain-related electrical potentials of the human nasal mucosa elicited by chemical stimulation. Pain, 22, 151–163.

Kobal, G. (2003). Electrophysiological Measurement of Olfactory Function. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (229-249). New York: Marcel Decker.

Kobal, G. & Kettenmann, B. (2000). Olfactory functional imaging and physiology. International journal of psychophysiology, 36, 157-63.

Kobayashi, M., Nishida, K., Nakamura, S., Oishi, M., Shiozaki, T., Majima, Y., Maeda, T., Furuta, S., Takashima, Y. & Sait, S., (2004). Suitability of the Odor Stick Identification Test for the Japanese in Patients Suffering from Olfactory Disturbance. Acta oto-laryngologica, 533, 74-79.

Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C. & Fry, A. C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. International journal of sports medicine, 12, 228–235.

Kratskin, I. L. & Belluzzi, O. (2003). Anatomy and neurochemistry of the olfactory bulb. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (139-164). New York: Marcel Decker.

Krauel, K., Duezel, E., Hinrichs, H., Santel, S., Rellum, T. & Baving, L. (2007). Impact of emotional salience on episodic memory in ADHD: an fMRI study. Biological Psychiatry, z.Z. nur online-Veröffentlichung.

Kringelbach, M.L. & Rolls, E.T. (2004). The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology. Progress in Neurobiology 72, 341-372.

Kroner, C., Breer, H., Singer, A. G. & O'Connell, R. J. (1996). Pheromone-induced second messenger signaling in the hamster vomeronasal organ. Neuroreport, 25, 2989-92.

LaBar, K. S., Gatenby, J. C., Gore, J. C., LeDoux, J. E., & Phelps, E. A. (1998). Human amygdala activation during conditioned feat acquisition and extinction: a mixed-trial fMRI study. Neuro, 20, 937-945.

LaBar, K. S., LeDoux, J. E., Spencer, D. D. & Phelps, E. A. (1995). Impaired fear conditioning following unilateral temporal lobectomy in humans. Journal of Neuroscience, 15, 6846–55.

Labows, Jr, J. N. (1994). Chemische Zusammensetzung und Semiologie menschlicher Körpergerüche. In Jellinek, P. & Jellinek, J. S. (Hrsg.), Die psychologischen Grundlagen der Pafümerie. (4. Auflage). (159-173). Heidelberg: Hütchig.

Lacey, K., Zaharia, M. D., Griffiths, J., Ravindran, A. V., Merali, Z. & Anisman, H. (2000). A prospective study of neuroendocrine and immune alterations associated with the stress of an oral academic examination among graduate students. Psychoneuroendocrinology, 25, 339-356.

Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications. In J. B. Sidowski, Johnson, J. H. & Williams, T. A. (Ed.), Technology in mental health care delivery systems (119-137). Norwood, NJ.

Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert B. N. (1990). Emotion, Attention, and the Startle Reflex. Psychological Review, 97, 377-95.

Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. N. (1998). Emotion, Motivation, and Anxiety: Brain Mechanisms and Psychophysiology. Biological Psychaitry, 44, 1248–1263.

Lang, P. J., Davis, M. & Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: animal models and human cognitive psychophysiology. Journal of Affective Disorders, 61, 137–159.

Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley M. M. & Hamm A. O. (1993). Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions, Psychophysiology, 30, 261-73.

Lange, K., Williams, L. M., Young, A. W., Bullmore, E. T., Brammer, M. J., Williams, S. C., Gray, J. A, & Phillips, M. L. (2003). Task Instructions Modulate Neural Responses to Fearful Facial Expressions. Biological Psychiatry, 53, 226-232.

Laudien, J. H. (2005). Kognitive Modulation zentralnervöser Verarbeitung chemosensorischer Stimuli, Dissertation. Zentralbibliothek der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Laska, M., Wieser, A. & Salazar, L. T. (2005). Olfactory Responsiveness to Two Odorous Steroids in Three Species of Nonhuman Primates. Chemical Senses, 30, 505–511.

Laughton, W. B. & Powley, T. L. (1987). Localization of efferent function in the dorsal motor nucleus of the vagus. American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology, 252, 13-25.

Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C. D. (1981). Das State-Trait-Angstinventar: Manual. Weinheim: Beltz.

Lebel, D., Grossman, Y, & Barkai, E. (2001). Olfactory learning modifies predisposition for long-term potentiation and long-term depression induction in the rat piriform (olfactory) cortex. Cerebral Cortex, 11, 485-489.

LeDoux, J. E. (1993). Emotional memory systems in the brain. Behavioral Brain Research, 58, 69-79.

LeDoux, J.E. (2000). Emotion Circuits in the brain. Annual Review of Neuroscience, 23, 155-184.

LeDoux, J. (2001). Das Netz der Gefühle. dtv, München

LeDoux, J. (2004). The amygdala and emotion: a view through fear. In Aggleton, J. P. (Ed.), The Amygdala, 2nd edition (289-310). Oxford: University Press.

LeDoux, J. E., Iwata, J., Cicchetti, P. & Reis, D. J. (1988). Different projections of the central amygdaloid nucleus mediate autonomic and behavioral correlates of conditioned fear. The Journal of neuroscience, 8, 2517-29.

Lee, S. van der & Boot, L. M. (1955). Spontaneous pseudopregnancy in mice. Acta physiologica et pharmacologica Neerlandica, 4, 442-443.

Lee, S. van der and Boot, L. M. (1956). Spontaneous pseudopregnancy in mice. II. Acta physiologica et pharmacologica Neerlandica, 5, 213-214.

Lee, Y. & Davis, M. (1997a). Role of the hippocampus, the bed nucleus of stria terminalis, and the amygdala in the exitatory effect of corticotropin-releasing hormone on the acoustic startle reflex. The Journal of Neuroscience, 17, 6434-6446.

Lee, Y. & Davis, M. (1997b). Role of the septum in Excitatory Effect of Corticotropin-Releasing Hormone on the Acoustic Startle Reflex. The Journal of the Neuroscience 17(16), 6424-6433.

Leorand, B.E. & Tuite, M. (1981). Anatomical, physiological and behavioural aspects of olfactory bulbectomy in rat. International review of neurobiology, 22, 153-162.

Levine, G. (1991). A Guide to SPSS for Analysis of Variance. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. Hillsdale, New Jersey.

Levy, L. M., Henkin, R. I., Hutter, A., Lin, C. S., Martin, D. & Schellinger, D. (1997). Functional MRI of human olfaction. Journal of computer assisted tomography, 21, 849–56.

Levy, L. M., Henkin, R. I., Lin, C. S., Hutter, A. & Schellinger, D. (1999). Odor memory induces brain activation as measured by functional MRI. Journal of computer assisted tomography, 23, 487–498.

Leyden, J. J, McGinley, K., Hölzle, E., Labows, J. N. & Kligman, A. M. (1981). The microbiology of the human axilla and its relationship to axillary odour. The Journal of investigative dermatology, 77, 413–6.

Liddell, B. J., Brown, K. J., Kemp, A. H., Barton, M. J., Das, P., Peduto, A., Gordon, E. & Williams, L. M. (2005). A direct brainstem-amygdala-cortical 'alarm' system for subliminal signals of fear. Neuroimage, 24, 235-43.

Liddell, K. (1976). Smell as a diagnostic marker. Postgraduate medical journal, 52, 136-8.

Linnamo, V., Pakarinen, A., Komi, P. V., Kraemer, W. J. & Hakkinen, K. (2005). Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. Journal of strength and conditioning research, 19, 566-71.

Lisman, J. E., & Grace, A. A. (2005). The hippocampal-VTA loop: Controlling the entry of information into long-term memory. Neuron, 46, 703-713.

Lisman, J. E., & Otmakhova, N. A. (2001). Storage, recall, and novelty detection of sequences by the hippocampus: elaborating on the SOCRATIC model to account for normal and aberrant effects of dopamine. Hippocampus, 11, 551-568.

Logothetis, N. K. (2002). The neural basis of the blood-oxygen-level-dependent functional magnetic resonance imaging signal. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 357, 1003–1037.

Logothetis, N. K., Pauls, J., Augath, M., Trinath, T. & Oeltermann, A. (2001). Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. Nature, 41, 150-157.

Logothetis, N. K. & Pfeuffer, J. (2004). On the nature of the BOLD fMRI contrast mechanism. Magnetic Resonance Imaging, 22, 1517–1531.

Lorig, T. S., Elmes, D. G., Zald, D. H. & Pardo, J. V. (1999). A computer-controlled olfactometer for fMRI and electrophysiological studies of olfaction. Behavior research methods, instruments, & computers, 31, 370-5.

Luger, A., Deuster, P. A., Kyle, S. B., Gallucci, W. T., Montgomery, L.C., Gold, P. W., Loriaux, D.L. & Chrousos, G. P. (1987). Acute hypothalamic-pituitary-adrenal responses to the stress of treadmill exercise. Physiologic adaptations to physical training. The New England journal of medicine, 316, 1309-15.

Lukins, R., Davan, I. G. & Drummond, P.D. (1997). A cognitive behavioural approach to preventing anxiety during magnetic resonance imaging. Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, 28, 97-104.

Lundström, J. N., Goncalves, M., Esteves, F. & Olsson, M. J., (2003). Psychological effects of subthreshold exposure to the putative human pheromone 4,16-androstadien-3-one. Hormones Behaviour, 44, 395–401.

Lundström, J. N. & Olsson, M. J. (2005). Subthreshold amounts of social odorant affect mood, but not behavior, in heterosexual women when tested by a male, but not a female, experimenter. Biological Psychology, 70, 197–204.

Lundström, J. N., Olsson, M. J., Schaal, B. & Hummel, T. (2006). A putative social chemosignal elicits faster cortical responses than perceptually similar odorants. Neuroimage, 30, 1340-6.

Ma, M., Grosmaitre, X., Iwema, C.L., Baker, H., Greer, C. A. & Shepherd, G. M. (2003). Olfactory Signal Transduction in the Mouse Septal Organ. The Journal of Neuroscience, 23, 317–324.

Mackay-Sim, A. & Laing, D. G. (1981) Rats´ responses to blood and body odors of stressed and non-stressed conspecifics. Physiology & Behavior, 27, 503-510.

Mackay-Sim, A. (2003). Neurogenesis in the adult olfactory neuroepithelium. In Doty, R. L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (93-113). New York: Marcel Decker.

Mai, J. K., Assheuer, J. & Paxinos, G. (1997). Atlas of the Human Brain. London: Academic Press.

Makino, S., Gold, P. W. & Schulkin, J. (1994a). Corticosterone effects on corticotropin-releasing hormone mRNA in the central nucleus of the amygdala and the parvocellular region of the paraventricular nucleus of the hypothalamus. Brain research, 640, 105-12.

Makino, S., Gold, P. W. & Schulkin, J. (1994b). Effects of corticosterone on CRH mRNA and content in the bed nucleus of the stria terminalis; comparison with the effects in the central nucleus of the amygdala and the paraventricular nucleus of the hypothalamus. Brain Research, 657, 141–9.

Mallet, A. I., Holland, K. T., Rennie, P. J., Watkins, W. J. & Gower, D. B. (1991). Applications of gas chromatography-mass spectrometry in the study of androgen and odorous 16-androstene metabolism by human axillary bacteria. Journal of chromatography, 562, 647-58.

Massafra, C., De Felice, C., Agnusdei, D. P. Giola, D. & Bagnoli, F. (1999). Androgens and Osteocalcin during the Menstrual Cycle. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 84, 971-974.

Mateo, J. M. 2003. Kin recognition ground squirrels and other rodents. Journal of Mammalogy, 84, 1163-1181.

Mateo, J. M. 2004. Recognition systems and biological organization: The perception component of social recognition. Annales Zoologici Fennici, 41, 729-745.

McBride, S. A. & Slotnick, B. (1997). The olfactory thalamocortical system and odor reversal learning examined using an asymmetrical lesion paradigm in rats. Behavioral neuroscience, 111, 1273-84.

McCall, P. J. & Cameron, M. M. (1995). Oviposition pheromones in insect vectors. Parasitology today, 11, 352-5.

McClintock, M. K. (1998). Whither menstrual synchrony? Annu. Rev. Sex. Res. 9, 77-95.

McClintock, M. K. (1999). Pheromones and the regulation of ovulation. Nature, 401, 232-233.

McClintock, M. K. (2002). Pheromones, Odors, and Vasanas: The neuroendocrinology of social chemosignals in Humans and Animals. Hormones, Brain and Behavior, Vol.1, 797-870.

McEwen, B. S. & Lasley, E. N. (2002). The End of Stress As We Know It. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.

McNaughton, N. & Corr, P. J. (2004). A two-dimensional neuropsychology of defense: fear/anxiety and defensive distance. Neurosci Biobehav Rev, 28, 285-305.

Mechelli, A., Henson, R. N., Price, C. J. & Friston, K. J. 2003. Comparing event-related and epoch analysis in blocked design fMRI. NeuroImage, 18, 806–810.

Menco, B. P. & Morrison, E. E. (2003). Morphology of the mammalian olfactory epithelium: form, fine structure, function, and pathology. In Doty, R. L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (17-49). New York: Marcel Decker.

Meisami, E. & Bhatnagar, K. P. (1998). Structure and diversity in mammalian accessory olfactory bulb. Microscopy research and technique, 43, 476-499.

Meredith, M. (1986) Vomeronasal organ removal before sexual experience impairs male hamster mating behavior. Physiology & behavior., 36, 737–743.

Meredith, M. (2001). Human Vomeronasal Organ Function: A Critical Rewiew of Best and Worst Cases. Chemical Senses, 26, 433-445.

Michael, R. P. & Keverne, E. B. (1968). Pheromones in the communication of sexual status in primates. Nature, 218, 746 – 749.

Monaghan, E. & Glickman, S. (1992). Hormones and aggressive behavior. In Becker, J., Breedlove, S. & Crews, D. (Eds.) Behavioral endocrinology (261-285), Cambrindge: MIT Press.

Monti-Bloch, L., Diaz-Sanchez, V., Jennings-White, C. & Berliner, D. L. (1998). Modulation of serum testosterone and autonomic function through stimulation of the male human vomeronasal organ (VNO) with pregna-4,20-diene-3,6-dione. Journal of steroid biochemistry and molecular biology, 65, 237-242.

Monti-Bloch, L. & Grosser, B. I. (1991). Effect of putative pheromones on the electrical activity of the human vomeronasal organ and olfactory epithelium. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology, 39, 573-582.

Monti-Bloch, L., Jennings-White, C., Dolberg, D. S. & Berliner, D. L. (1994). The human vomeronasal system, Psychoneuroendocrinology, 19, 673-86.

Moon, C. & Ronnett, G. V. (2003). Molecular neurobiology of olfactory transduction. In Doty, R. L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (75-91). New York: Marcel Decker.

Moran, D. T., Jafek, B. W. & Rowley III, J .C. (1991). The ultrastructure of the human olfactory mucosa. In Laing, D.G., Doty, R.L., Breipohl, W. (Eds.). The human sense of smell (3-28). Berlin: Springer.

Morris, J. S., Friston, K. J. & Dolan, R. J. (1997). Neural responses to salient visual stimuli. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 264, 769 – 775.

Morris, J. S., Öhman, A., Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. Nature, 393, 467-70.

Morris, J. S., Öhman, A., Dolan, R. J. (1999). A subcortical pathway to the right amygdala mediating "unseen" fear. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96, 1680–1685.

Mouly, A. M., Fort, A., Ben-Boutayab, N. & Gervais, R. (2001). Olfactory learning induces differential long-lasting changes in rat central olfactory pathways. Neuroscience, 102, 11-21.

Moynihan, J. A., Karp, J. D., Cohen, N. & Ader, R. (2000). Immune deviation following stressed odor exposure: role of endogenous opioids. Journal of Neroimmunology, 102, 145-153.

Murphy, F. C., Nimmo-Smith, I. & Lawrence, A. D. (2003). Functional neuroanatomy of emotions: a meta-analysis. Cognitive, affective & behavioral neuroscience, 3, 207-33.

Müller-Velten, H-J. (1966). Über den Angstgeruch bei der Hausmaus (Mus musculuc L.). Zeitschrift für vergliechende Physiologie, 52, 401-429.

Nelson, R. J., (2000). Affiliative and aggressive behavior. In: An Introduction to Behavioral Endocrinology –2nd edition (395-710). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.

Nijsen, M. J., Croiset, G., Diamant, M., De Wied, D. & Wiegant, V. M. (2001). CRH Signalling in the Bed Nucleus of the Stria Terminalis is Involved in Stress-Induced Cardiac Vagal Activation in Conscious Rats. Neuropsychopharmacology, 24, 1-10.

Nixon, A., Mallet, A. I., Jackman, P. J. & Gower, D. B. (1986). Testosterone metabolism by isolated human axillary Corynebacterium spp.: a gas-chromatographic mass-spectrometric study. Journal of steroid biochemistry, 24, 887-92.

Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T. & Yonekura, Y. (2004). Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: an event-related fMRI study. Neuroimage, 21, 352-63.

O´Carroll, R. & Bancroft, J. (1984). Testosterone therapy for low sexual interest and erectile dysfunction in men: a controlled study. The British journal of psychiatry : the journal of mental science, 145, 146-51.

O´Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R., McGlone, F., Kobal, G., Renner, B.& Ahne, G. (2000). Sensory-specific satiety-related olfactory activation of the human orbitofrontal cortex. Neuroreport, 11, 893-897.

Ogawa, S. & Lee, T. M. (1990). Magnetic resonance imaging of blood vessels at high fields: in vivo and in vitro measurements and image simulation. Magn Reson Med., 16, 9-18.

Ogawa, S., Lee, T. M., Nayak, A. S. & Glynn, P. (1990). Oxygenation-sensitive contrast in magnetic resonance image of rodent brain at high magnetic fields. Magnetic resonance in medicine , 14, 68-78.

Öhmann, A. (2004) Automaticity and the amygdalae: noconscious responses to emotional faces. In Rusher, J.B. & Hammer, E.Y. (Eds.). Current Directions in Social Psychology (41-47). New York: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.

Öhman, A., & Dimberg, U. (1978). Facial expressions as conditioned stimuli for electrodermal responses: A case of “preparedness”? Journal of Personality & Social Psychology, 36, 1251-1258.

Öhman, A. & Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: toward an evolved module of fear and fear learning. Psychological Review, 108, 483–522.

Ohrt, A. (in Vorbereitung). Zentralnervöse, vegetative, perzeptuelle und Verhaltensanpassungen schwangerer und nichtschwangerer Frauen und Mädchen auf humane chemosensorische Angstsignale.

Ohrt, A., Prehn, A., Sojka, B., Ferstl, R. & Pause, B. M. (2005a). Emotional priming of facial perception and the startle-reflex are modulated by the odour of anxiety. Chemical Senses, 30, E44.

Ohrt, A., Prehn, A., Laudien, J., Ferstl, R. & Pause, B. M. (2005b). Adaptive perceptual, neuronal and emotional responses to chemosensory anxiety signals in humans. Journal of Psychophysiology, 19, 135.

Ojemann, J. G., Akbudak, E., Snyder, A. Z., McKinstry, R. C., Raichle, M. E. & Conturo, T. E. (1997). Anatomic localization and quantitative analysis of gradient refocused echo-planar fMRI susceptibility artifacts. Neuroimage, 6, 156-67.

Orth, D. N. (1992). Corticotropin-releasing hormone in humans. Endocrine Reviews, 13, 164-191.

Otto, T., Cousens, G. & Herzog, C. (2000). Behavioral and neuropsychological foundations of olfactory fear conditioning. Behavioural Brain Research, 110, 119-128.

Pacak, K., & Palkovits, M. (2001). Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. Endocr Rev, 22(4), 502-548.

Paquette, V., Levesque, J., Mensour, B., Leroux, J.-M., Beaudoin, G., Bourgouin, P. & Beauregard, M. (2003). 'Change the mind and you change the brain': effects of cognitive-behavioral therapy on the neural correlates of spider phobia. Neuroimage, 18, 401–409.

Pause, B. M. (2002). Human brain activity during the first second after odor presentation. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holly, A. (Eds.) Olfaction, taste, and cognition (309-323). Cambridge: Cambridge University Press.

Pause, B. M. (2004a). Über den Zusammenhang von Geruch und Emotion und deren Bedeutung für klinisch-psychologiche Störungen des Affektes. Papst Sciense Publisher, Lengerich.

Pause, B. M. (2004b). Are androgen steroids acting as pheromones in humans?. Physiology & behaviour, 83, 21-9.

Pause, B. M. (2004c). Is the human skin a pheromone-producing organ?. Journal of cosmetic Dermatology, 3, 223-28.

Pause, B. M., Krauel, K., Schrader, C., Sojka, B., Westphal, E., Müller-Ruchholtz, W. & Ferstl, R. (2006). The human brain is a detector of chemosensorily transmitted HLA-class I-similarity in same- and opposite-sex relations. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 273, 471-478.

Pause, B. M., Krauel, K., Sojka, B. & Ferstl, R. (1999). Body odor evoked potentials: a new method to study the chemosensory perception of self and non-self in humans. Genetica, 104, 285-294.

Pause, B. M., Ohrt, A., Prehn, A. & Ferstl, R. (2004). Positive emotional priming of facial affect perception in females is diminished by chemosensory anxiety signals. Chemical Senses, 29, 797-805.

Pavlov, I. P. (1927). Conditioned Reflexes. New Yorker: Dover.

Peelen, M. V. & Downing, P. E. (2004). Selectivity for the human body in the fusiform gyrus. Journal of neurophysiology, 93, 603-8.

Persky, H., Lief, H. I., Strauss, D., Miller, W. R. & O'Brien C. P. (1978). Plasma testosterone level and sexual behavior of couples. Archives of sexual behaviour, 7, 157-73.

Peyron, R., Laurent, B. & Garcia-Larrea, L. (2000). Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis. Clinical neurophysiology, 30, 263-88.

Phan, K. L., Wager, T. D., Taylor, S. F. & Liberzon, I. (2004). Functional Neuroimaging Studies of Human Emotions, CNS Spectrums, 9, 258–266.

Phillips, M. L., Williams, L. M., Heining, M., Herba, C. M., Russell, T., Andrew, C., Bullmore, E. T., Brammer, M. J. Williams, S. C., Morgan, M., Young, A. W. & Gray, J. A. (2004). Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust. Neuroimage, 21, 1484– 1496.

Piltonen, T., Koivunen, R., Morin-Papunen, L., Ruokonen, A., Huhtaniemi, I. T. & Tapanainen, J. S. (2002). Ovarian and adrenal steroid production: regulatory role of LH/HCG. Human reproduction, 17, 620-4.

Pitkänen, A., Savander, V. & LeDoux, J. E. (1997). Organisation of intra-amygdaloid circuitries in the rat: an emerging framework for understanding functions of the amygdala. Trends Neuroscience, 20, 517-23.

Pitkänen, A. (2004). Connectivity of the rat amygdaloid complex. In Aggleton, J.P. (Ed.), The Amygdala, 2nd edition (31-115). Oxford: University Press.

Poellinger, A., Thomas, R., Lio, P., Lee, A., Makris, N., Rosen, B. R. & Kwong, K. K. (2001). Activation and habituation in olfaction – an fMRI study. Neuroimage, 13, 547-560.

Popp, R., Sommer, M., Müller, J. & Hajak, G. (2004). Olfactometry in fMRI studies: odor presentation using nasal continuous positive airway pressure. Acta Neurobiologicae Experimentalis, 64, 171-176.

Powell, M. & Ansic, D. (1997). Gender differences in risk behavior in financial decision-making: An experimental analysis. Journal of Economic Psychology. 18, 605-28.

Prehn, A., Ohrt, A., Sojka, B., Ferstl, R. & Pause, B. M. (2006). Chemosensory anxiety signals augment the startle reflex in humans. Neurosciense Letters, 394, 127-130.

Preti, G., Wysocki, C. J., Barnhart, K. T., Sondheimer, S. J. & Leyden, J. J. (2003). Male axillary extracts contain pheromones that affect pulsatile secretion of luteinizing hormone and mood in women recipients. Biology of Reproduction, 68, 2107–2113.

Price, J. (1990). Olfactory System. In Paxinos, G. (Ed.), The human nervous system (101-120), Cambridge: MIT Press.

Pujol, J., Deus, J., Losilla, J. M. & Capdevila, A. (1999). Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. Neurology. 23, 1038-43.

Qureshy, A., Kawashima, R., Imran, M. B., Sugiura, M., Goto, R., Okada, K., Inoue, K., Itoh, M., Schormann, T., Zilles, K. & Fukuda, H. (2000). Functional Mapping of Human Brain in Olfactory Processing: A PET Study. Journal of neurophysiology. 84, 1656-66.

Raichle, M. E. (2003). Functional Brain Imaging and human brain function. Journal of Neuroscience, 23, 3959-3962.

Reiman, E. M., Lane, R. D., van Petten, C., & Bandettini, P. A. (2000). Positron emission tomography and functional magentic resonance imaging. In Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. & Berntson, G. G. (Eds.), Handbook of Psychophysiology, 2nd edition (85-118). Cambridge: Cambridge University Press.

Riese-Lyon, W. (1936). Symptomatologie der Erkrankung des Riechnerven. In Bumke, O. & Foerster (Hrsg.), Handbuch der Neurologie, 4. Band (1-37). Berlin: Julius Springer.

Risold, P. Y., Thompson, R. H. & Swanson, L. W. (1997). The structural organization of connections between hypothalamus and cerebral cortex. Brain research reviews, 24, 197-254.

Rodriguez, I., Greer, C. A., Mok, M. Y. & Mombaerts, P. (2000). A putative pheromone receptor gene expressed in human olfactory mucosa. nature genetics, 26, 19-19.

Roitberg, B. D. & Prokopy, R. J. (1981). Experience required for pheromone recognition by the apple maggot fly. Nature 292, 540 – 541.

Rolls, E.T. (2000). The Orbitofrontal Cortex and Reward. Cerebral Cortex, 10, 284-294.

Rolls, E.T., Critchley, H. D. & Treves, A. (1996). Representation of olfactory information in the primate orbitofrontal cortex. Journal of Neurophysiology, 75, 1982-1996.

Rolls, E. T., Kringelbach, M. L. & de Araujo, I. E. (2003). Different representations of pleasant and unpleasant odours in the human brain. The European journal of neuroscience, 18, 695-703.

Romanski, L. M. & LeDoux, J. E. (1993). Information Cascade from Primary Auditory Cortex to the Amygdala: Corticocortical and Corticoamygdaloid Projections of Temporal Cortex in the Rat. Cerebral Cortex, 3, 515-32.

Rottman, S. J. & Snowdon, C. T. (1972). Demonstration and Analysis of an Alarm Pheromone in Mice. Journal of Comparative and Physiological Psychology, Vol. 81, No. 3, 483-490.

Rouby, C, & Bensafi, M. (1999). Hedonic dimensions to odors. In Rouby, C., Schaal, B., Dubois, D., Gervais, R. & Holly, A. (Eds.) Olfaction, taste, and cognition (140-159). Cambridge: Cambridge University Press.

Royet, J-P., Hudry, J., Zald, D. H., Godinot, D., Grégoire, M. C., Lavenne, F., Costes, N. & Holley, A. (2001). Functional neuroanatomy of different olfactory judgments. Neuroimage, 13, 506–519.

Royet, J-P., Koenig, O., Gregoire, M. C., Cinotti, L., Lavenne, F., Le Bars, D., Costes, N., Vigouroux, M., Farget, V., Sicard, G., Holley, A., Mauguière, F., Comar, D. & Froment, J. C. (1999). Functional anatomy of perceptual and semantic processing for odors. Journal of cognitive neuroscience, 11, 94 –109.

Royet, J-P. & Plailly, J. (2004). Lateralization of olfactory processes. Chemical Senses, 29, 731-745.

Royet, J-P., Plailly, J., Delon-Martin, C., Kareken, D. A. & Segebarth, C. (2003). fMRI of emotional responses to odors: influence of hedonic valence and judgment, handedness, and gender. NeuroImage, 20, 713–728.

Royet, J.-P., Zald, D., Versace, R., Costes, N., Lavenne, F., König, O. & Gervais, R. (2000) Emotional Responses to Pleasant and Unpleasant Olfactory, Visuel, and Auditory Stimuli: a Positron Emission Tomography Study. The Journal of Neuroscience, 15, 7752-7759.

Saar D, Grossman Y, Barkai, E. (1998). Reduced after-hyperpolarization in rat piriform cortex pyramidal neurons is associated with increased learning capability during operant conditioning. The European journal of neuroscience, 10, 1518-23.

Saar, D., Grossman Y., Barkai, E. (1999). Reduced synaptic facilitation between pyramidal neurons in the piriform cortex after odor learning. The European journal of neuroscience, 19, 8616-8622.

Saito, M., Nishimura, K. & Kato, H. (1989). Modifications of circadian cortisol rhythm by cyclic and continuous total enteral nutrition. Journal of nutritional science and vitaminology, 35, 639-47.

Salazar, I. & Sánchez Quinteiro, P. (1998). Supporting tissue and vasculature of the mammalian vomeronasal organ: The rat as a model. Microscopy Research and Technique, 69, 492-505.

Sapolsky, R. M. (1998). Streß in freier Natur. In Güntürküm, O. (Hrsg.) Biopsychologie (166-173). Heidelberg: Springer.

Saß, H, Wittchen, H-U. & Zaudig, M. (2001). Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen DSM-IV (3 Auflage). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Sato, K., Leidal, R. & Sato, F. (1987). Morphology and development of an apoeccrine sweat gland in human axillae. American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology, 252, 166-180.

Sato, K. & Sato, F. (1987).Sweat secretion by human axillary apoeccrine sweat gland in vitro. American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology, 252, 181-7.

Savic, I. (2001). Processing of odours signals in humans. Brain Research Bulletin, 54, 307-312.

Savic, I. (2002). Imaging of brain activation by odorants in humans. Current opinion in neurobiology, 12, 455-61.

Savic, I., Berglund, H., Gulyas, B. & Roland, P. (2001). Smelling of odorous sex hormone-like compounds causes sex-differentiated hypothalamic activation in humans. Neuron, 31, 6611-668.

Savic, I., Berglund, H. & Lindström, P. (2005). Brain response to putative pheromones in homosexual men. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102, 7356-7361.

Savic, I. & Gulyas, B. (2000). PET schows that odors are processed both ipsilaterally and contralaterally to stimulated nostril. Brain Imaging, 11, 2861-2866.

Savic, I, Gulyas, B. & Berglund, H. (2002a). Odorous stimuli are processed differently depending on the cranial nerves involved. Neuoimage, 11, 751.

Savic, I., Gulyas, B. & Berglund, H. (2002b). Odorant differentiated pattern of cerebral activation: comparison of acetone and vanillin. Human Brain Mapping, 17, 17–27.

Savic, I., Gulyas, B., Larsson, M. & Roland, P. (2000). Olfactory functions are mediated by parallel and hierachchical processing. Neuron, 26, 735-745.

Scalia, F. & Winans, S. S. (1975). The differential projections of the olfactory bulb and accessory olfactory bulb in mammls. Journal of Comparative Neurology, 161, 31-56.

Scherer, K.R. (2003). Emotion. In Stroebe, W., Hewstone, M., Stephenson, G.M. (Hrsg.), Sozialpsychologie: Eine Einführung, 4. Auflage (293-330). Berlin: Springer.

Schienle, A., Schäfer, A., Stark, R., Walter, B. & Vaitl D. (2005). Gender differences in the processing of disgust- and fear-inducing pictures: an fMRI study. Neuroreport, 16, 277-80.

Schmidt, R. F. (1980). Somato-viscerale Sensibilität. In Schmidt R. F. (Hrsg.), Grundriß der Sinnesphysiologie. Berlin: Springer.

Schmidt, R. F. (2006). Neuro- und Sinnesphysiologie (5. Auflage). Berlin: Springer

Schneider, F., Weiss, U., Kessler, C., Muller-Gartner, H.-W., Posse, S., Salloum, J. B., Grodd, W., Himmelmann, F, Gaebel, W. & Birbaumer, N. (1999). Subcortical correlates of differential classical conditioning of aversive emotional reactions in social. Biological Psychiatry, 45, 863-871.

Schoenbaum, G., Chiba, A. A. & Gallagher, M. (1998). Changes in functional connectivity in orbitofrontal cortex and basolateral amygdala during learning and reversal training. The Journal of Neuroscience, 20, 5179–5189.

Schoenbaum, G., Chiba, A. A. & Gallagher, M. (1999). Neural encoding in orbitofrontal cortex and basolateral amygdala during olfactory discrimination learning. The Journal of neuroscience, 19, 1876-84.

Schoenbaum, G. & Roesch, M. (2005). Orbitofrontal Cortex, Associative Learning, and Expectancies. Neuron, 47, 633–636.

Schubert, R., Gysler, M., Brown, M. & Brachinger, H. W. (2000). Gender-specific attitudes towards risk and ambiguity: An experimental investigation. Center for Economic Research, Swiss Federal Institute of Technology, Working Paper.

Schultheiss, O. C., Campbell, K. L. & McClelland, D. C. (1999). Implicit Power Motivation Moderates Men's Testosterone Responses to Imagined and Real Dominance Success. Hormones and Behavior, 36, 234-241.

Schwanzel-Fukuda, M. & Pfaff, D.W. (2003). The structure and function of the nervus terminalis. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (1001-1026). New York: Marcel Decker.

Scott, S. K. & Wise, R. J. (2003). PET and fMRI studies of the neural basis of speech perception. Speech Communication, 41, 23-34.

Seligman, M. E. (1970). On the Generality of the Laws of Learning . Psychological review, 77, 406-18.

Senol, M. & Fireman, P. (1999). Body odor in dermatologic diagnosis. Cutis; cutaneous medicine for the practitioner, 63, 107-11.

Sensi, S., Capani, F., De Remigis, P., Guagnano, M. T., Casalini, G., D'Emilio, A., Muccicone, A., Nepa, A., Sensi, S. & Vitullo, F. (1990). Circadian time structure of pituitary and adrenal response to CRF, TRH and LHRH. Progress in clinical and biological research, 341, 535-42.

Sevelinges, Y., Gervais, R., Messaoudi, B., Granjon, L. & Mouly, A-M. (2004). Olfactory fear conditioning induces field potential potentiation in rat olfactory cortex and amygdala. Learning & Memory, 11, 761-769.

Shangold, M. M., Gatz, M. L. & Thysen, B. (1981). Acute effects of exercise on plasma concentrations of prolactin and testosterone in recreational women runners. Fertility and sterility, 35, 699-702.

Shellock, F. G. & Crues, J. V. (2004). MR procedures: biologic effects, safety, and patient care. Radiology, 232, 635-52.

Shepard, J. D., Barron, K. W. & Myers, D. A. (2000). Corticosterone delivery to the amygdala increases corticotropin-releasing factor mRNA in the central amygdaloid nucleus and anxiety-like behavior. Brain Research, 861, 288–95.

Sillero-Zubiri, C. & Macdonald, D. W. (1998). Scent-marking and territorial behaviour of ethiopian wolves *canis simensis*. Journal of Zoology, 245, 351-361.

Silver, W .L., Arzt, A. H. & Mason, J.M. (1988). A comparison of the discriminatory ability and sensitivity of the trigeminal and olfactory systems to chemical stimuli in the tiger salamander. Journal of Comparative Physiology A, 164, 55-66.

Silver, W. L. & Maruniak, J. A. (1981). Trigeminal chemoreception in the nasal and oral cavities. Chemical Senses, 6, 295-305.

Smals, A. G. & Weusten, J. J. (1991). 16-enesteroids in the human testis. Journal of steroid Biochemistry. 40 (4-6), 587-592.

Small, D. M., Zatorre, R. J., Dagher, A., Evans, A. C. & Jones-Gotman, M. (2001). Changes in brain activity related to eating chocolate. Brain, 124, 1720-1733.

Smejkal, V., Druga, R. & Tintera, J. (2003). Olfactory activity in the human brain identified by fMRI. Bratislavské lekárske listy, 104, 184-188.

Snyder, P. J., Peachey, H., Berlin, J. A., Hannoush, P., Haddad, G., Dlewati, A., Santanna, J., Loh, L., Lenrow, D. A., Holmes, J. H., Kapoor, S. C., Atkinson, L. E. & Strom, B. L. (2000). Effects of Testosterone Replacement in Hypogonadal Men. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 85, 2670-2677.

Sobel, N., Johnson, B. N., Mainland, J. & Yousem, D. M. (2003). Functional neuroimaging of human olfaction. In Doty, R.L. (Ed.), Handbook of olfaction & Gustation, 2nd edition (251-273). New York: Marcel Decker.

Sobel, N., Prabhakaran, V., Desmond, J. E., Glover, G. H., Goods, R. L., Sullivan, E. V. & Gabrieli, J. D. (1998). Sniffing and smelling: separate subsystems in the human olfactory cortex. Nature, 392, 282-286.

Sobel, N., Prabhakaran, V., Desmond, J. E., Glover, G. H., Sullivan, E. V. & Gabrieli, J. D. (1997). A method for functional magnetic resonance imaging of olfaction. Journal of neuroscience methods, 78, 115-23.

Sobel, N., Prabhakaran. V., Hartley, C. A., Desmond, J. E., Glover, G. H., Sullivan, E. V. & Gabrieli, J D. (1999). Blind smell: brain activation induced by an undetected air-borne chemical. Brain, 122, 209-217.

Sobel, N., Prabhakaran, V., Zhao, Z., Desmond, J. E., Glover, G. H., Sullivan, E. V. & Gabrieli, J. D. (2000). Time course of odorant-induced Activation in the human primary olfactory cortex. Journal of Neurophysiology, 83, 537-551.

Sokoloff, L., Reivich, M., Kennedy, C., Des Rosiers, M. H., Patlak, C. S., Pettigrew, K. D., Sakurada, O., Shinohara, M. (1977). The 14C-2-deoxyglucose method for the measurement of local cerebral glucose utilization: theory, procedure, and normal values in the conscious and anesthetized albino rat. Journal of neurochemistry, 28, 897-916.

Spreen O, Strauss E. (1991). A compendium of neuropsychological tests (371-374).New York: Oxford University Press.

Squire, L. (1992). Memory and the hippocampus: A synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. Psychological review, 99, 195–231.

Stangier, U., Heidenreich, T, Berardi, A., Golbs, U. & Hoyer, J. (1999). Die Erfessung sozialer Phobie durch die Social Anxiety Scale (SIAS) und die Social Phobia Scale (SPS). Zeitschrift für Klinische Psychologie, 28, 1999.

Strausfeld, N. J. & Hildebrand, J. G. (1999). Olfactory systems: common design, uncommon origins?. Current Opinion in Neurobiology, 9, 634–639.

Swanson, L. W. & Petrovich, G. D. (1998). What is the amygdala?. Trends Neuroscience, 21, 323–331.

Talairach, J. & Tournoux, P. (1988). Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Tazawa, Y., Onoda, N. & Takagi, S. F. (1987). Olfactory input to the lateral hypothalamus of the old world monkey. Journal of neuroscience research, 4, 357-75.

Thews, G. & Vaupel, P. (2005). Vegetative Physiologie, 5. Auflage. Berlin: Springer
Thysen, B., Elliott, W. H. & Katzman, P. A. (1968). Identification of estra-1,3,5(10),16-tetraen-3-ol (estratetraenol) from the urine of pregnant women (1). Steroids, 11, 73–87.

Tomarken, A. J., Davidson, R.J., Wheeler, R. E. & Doss, C. D. (1992). Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of emotion. Journal of personality and social psychology, 62, 676-687.

Toth I, & Faredin I. (1985). Steroids excreted by human skin. II. C19-steroid sulphates in human axillary sweat. Acta medica Hungarica, 42, 21-8.

Tulving, E. & Schacter, D. L. (1990). Priming and human memory systems. Science 247, 301–306.

Tzourio-Mazoyer, N., Landenau, B., Papathanassiou, Crivello, Etard, Delcroix, Mazoyer & Joliot, M. (2002). Automated anatomical labelling of activations in SPM using macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. Neuroimage, 15, 273-289.

Valenta, J. G. & Rigby, M. K. (1968) Diskrimination of the Odor of Stressed Rats. Science, 161, 599-601.

Van de Kar, L. D., Piechowski, R. A., Rittenhouse, P. A. & Gray, T. S. (1991). Amygdaloid lesions: differential effect on conditioned stress and immobilization-induced increases in corticosterone and renin secretion. Neuroendocrinology, 54, 89-95.

Vandenbergh, J. G. (1967). Effect of the presence of a male on the sexual maturation of female mice. Endocrinology, 81, 345-9.

Vanderwolf, C. H. (2001). The hippocampus as an olfacto-motor mechanism: were the classical antomits right after all? Behavioural Brain Research, 127, 25-47.

Vanderwolf, C. H., Zibrowski, E. M. (2001). Pyriform cortex beta-waves: odor-specific sensitization following repeated olfactory stimulation. Behavioural brain research, 892, 301-8.

Vasankari, T. J., Kujala, U. M., Heinonen, O. J. & Huhtaniemi, I. T. (1993). Effects of endurance training on hormonal responses to prolonged physical exercise in males. Acta endocrinologica, 129, 109-13.

Vigouroux, M., Bertrand, B., Farget, V., Plailly, J. & Royet, J. P. (2005). A stimulation method using odors suitable for PET and fMRI studies with recording of physiological and behavioral signals. Journal of neuroscience methods, 142, 35-44.

Villringer A. (1997). Understanding functional neuroimaging methods based on neurovascular coupling. Advances in experimental medicine and biology, 413, 177-93.

Von Frisch, K. (1941). Über den Schreckstoff der Fischhaut und seine biologische Bedeutung. Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 29, 599-601.

Vuilleumier, P. (2002). Facial expression and selective attention. Current Opinion in Psychiatry. 15, 291-300.

Wager, T. D., Phan, K. L., Liberzon, I. & Taylor, S. F. (2003). Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. Neuroimage, 19, 513-31.

Walker, D. L. & Davis, M. (1997). Double Dissociation between the Involvement of the Bed Nucleus of the Stria Terminalis and the Central Nucleus of the Amygdala in Startle Increases Produced by Conditioned versus Unconditioned Fear. The Journal of Neuroscience, 17, 9375-9383.

Walsh, R. N. & Cummins, R. A. (1976). The open-field test: A critical review. Psychological Bulletin. 83, 482-504.

Wang, C., Swerdloff, R. S., Iranmanesh, A., Dobs, A., Snyder, P. J., Cunningham, G., Matsumoto, A. M., Weber, T. & Berman, N. (2000). Transdermal testosterone gel improves sexual function, mood, muscle strength, and body composition parameters in hypogonadal men. The Journal of clinical endocrinology and metabolism, 85, 2839-53.

Wang, J., Eslinger, P. J., Smith, M. B. & Yang, Q. X. (2005). Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Human Olfaction and Normal Aging. Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences, 60, 510-514

Wang, L., Hari, C., Chen, L. & Jacob, T. (2004). A new non-invasive method for recording the electro-olfactogram using external electrodes. Clinical Neurophysiology, 115, 1631–1640.

Weiler, E. & Farbman, A.I. (2003). The Septal Organ of the Rat During Postnatal Development. Chemical Senses, 28, 581-593.

Whalen, P. J., Kagan, J., Cook, R. G., Davis, F. C., Kim, H., Polis, S., McLaren, D. G., Somerville, L. H., McLean, A. A., Maxwell, J. S. & Johnstone, T. (2004). Human amygdala responsivity to masked fearful eye whites. Science, 306, 2061.

Whalen, P. J., Rauch, S. L., Etcoff, N. L., McInerney, S. C., Lee, M. B. & Jenike, M. A. (1998). Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. The Journal of Neuroscience, 18, 411–418.

Whitten, W. K. (1959). Occurrence of anoestrus in mice caged in groups. The Journal of endocrinology, 18, 102-107.

Wiesmann, M., Yousry, I., Heuberger, E., Nolte, A., Ilmberger, J., Kobal, G., Yousry, T. A., Kettenmann, B., Naidich, T. P. (2001). Functional magnetic resonance imaging of human olfaction. Neuroimaging clinics of North America, 11, 237-50.

Williams, L. M., Das, P., Liddell, B., Olivieri, G., Peduto, A., Brammer, M. J. & Gordon, E. (2005). BOLD, sweat and fears: fMRI and skin conductance distinguish facial fear signals. Neuroreport, 16, 49-52.

Wilson, D. A. (1998). Habituation of odor responses in the rat anterior piriform cortex. Journal of neurophysiology, 79, 1425-40.

Wilson, D. A., Best, A. R. & Sullivan, R.M. (2004). Plasticity in the olfactory system: Lessons for the neurobiology of memory. The neuroscientist, Vol.10, No.6. 513-24.
Wilson, D. W (2000). Odor Specificity of Habituation in the Rat Anterior Piriform Cortex. The Journal of Neurophysiology, 83, 139-145.

Wilson, E. O. & Bossert, W. H. (1963). Chemical communication among animals. Recent Progress in Hormone Research, 19, 673-716.

Wilson, J. S., Gottfried, J. A., Kilner, J. M. & Dolan, R. J. (2005). Integrated neural representations of odor intensity and affective valence in human amygdala. The Journal of Neuroscience, 25, 8903– 8907.

Wirth, S., Ferry, B. & Di Scala, G. (1998). Faciliation of olfactory recognition by lateral entorhinal cortex lesion in rats. Behavioural Brain Research, 91, 49-59.

Wise RA. (2004). Dopamine, learning and motivation. Nature reviews. Neuroscience, 5, 483-94.

Wittchen, H-U., Wunderlich, U., Gruschwitz, S. & Zaudig, M. (1997). APA: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders - German Version: Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV (SKID 1). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Wittert, G. A., Stewart, D. E., Graves, M. P., Ellis, M. J., Evans, M. J., Wells, J. E., Donald, R. A. & Espiner, E.A. (1991). Plasma corticotrophin releasing factor and vasopressin responses to exercise in normal man. Clinical endocrinology, 35, 311-7.

Wittmann, B. C., Schott, B. H., Guderian, S., Frey, J. U. Heinze, H.-J. & Düzel, E. (2005). Reward-Related fMRI Activation of Dopaminergic Midbrain Is Associated with Enhanced Hippocampus-Dependent Long-Term Memory Formation. Neuron, 45, 459-467.

Wolpe, J. & Lang, P. J. (1964). A fear survey schedule for use in behaviour therapy. Behaviour research and therapy, 2, 27-30.

Wrynn, A.S., Donohoe, N. & Leonard, B.E. (1999). A morphological investigation within the anterior cortical nucleus of the amygdala following olfactory bulbectomy. Medical Science Research, 27, 513-515.

Wundt, W. (1896). Grundriss der Psychologie. Leipzig, Engelmann.

Wyatt, T.D. (2003) Pheromones and Animal Behavior. Cambridge: Cambridge University Press.

Yousem, D. M., Maldjian, J. A., Siddiqi, F., Hummel, T., Alsop, D. C., Geckle, R. J., Bilker, W. B. & Doty, R. L. (1999). Gender effects on odorstimulated functional magnetic resonance imaging. Brain Research 818, 480–487.

Yu, G. Z., Kaba, H., Okutani, F., Takahashi, S. & Higuchi, T. (1996). The olfactory bulb: a critical site of action for oxytocin in the induction of maternal behaviour in the rat. Neuroscience, 72, 1083-8.

Zalaquett, C. & Thiessen, D. (1991). The effects of odors from stressed mice on conspecific behavior. Physiology & Behavior, 50, 221-227.

Zald, D. H. (2003). The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. Brain Research Reviews, 41, 88-123.

Zald, D. H., Lee, J. T., Fluegel, K. & Pardo, J. V. (1998). Aversive gustatory stimulation activates limbic circuits in humans. Brain, 121, 1143-1154.

Zald, D. H. & Pardo, J. V. (1997). Emotion, olfaction, and the human amygdala activation during aversive olfactory stimulation. Neurobiology, 94, 4119-4124.

Zald, D. H. & Pardo, J. V. (2000). Functional neuroimaging of the olfactory system in humans. International Journal of Psychophysiology. 36, 165– 181.

Zajonc, R. B. (1984). On the primacy of Affect. American Psychologist, 39, 117-123.

Zatorre, R. J. (2002). Processing of olfactory affective information: contribution of functional imaging studies. In Rouby, C. et al. (Eds.), Olfaction, taste, and cognition (309-334), Cambrigde: Cambridge University Press.

Zatorre, R. J. & Jones-Gotman, M. (1991). Human olfactory discrimination after unilateral frontal or temporal lobectomy. Brain, 114, 71-84.

Zatorre, R. J. & Jones-Gotman, M. (2000). Functional imaging of the chemical senses. In Toga, A. W., Mazziota, J. C. (Eds.), Brain mapping: the systems (403-24). San Diego: Academic Press.

Zatorre, R. J., Jones-Gotman, M., Evans, A. C. & Meyer, E. (1992). Functional localization and lateralization of human olfactory cortex. Nature, 360, 339-340.

Zatorre, R.J., Jones-Gotman, M. & Rouby, C. (2000). Neural mechanisms involved in odor pleasantness and intensity judgments. Chemical neuroscience, 12, 2711-2716.

Zeeck, E., Harder, T., Beckmann, M. & Müller, C. T. (1996). Marine gamete-release pheromones. Nature, 382, 214.

Zelano, C., Bensafi, M., Porter, J., Mainland, J., Johnson, B., Bremner, E., Telles, C., Kahn, R. & Sobel, N. (2005). Attentional modulation in human primary olfactory cortex. Nature neuroscience, 8, 114-120.

Zelano, C. & Sobel, N. (2005). Humans as an animal model review for systems-level organization of olfaction. Neuron, 48, 431-454.

Zeng X.-N., Leyden, J. J., Spielman, A. I. & Preti, G. (1996). Analysis of characteristic human female axillary odors: Qualitative comparison to males. Journal of Chemical Ecology, 22, 237-257.

Zilles, K. & Rehkämper, G. (1998). Funktionelle Neutroanatomie. Berlin: Springer.

Zorawski, M., Cook, C. A., Kuhn, C. M. & LeBar, K. S. (2005). Sex, stress, and fear: Individual differences in conditioned learning. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 5, 191-201.

10 Anhang

Anhang Spende

Anhang Vorversuch zur Methodenvalidierung

Anhang Hauptversuch

Anhang Ergebnisse Hauptversuch

Telefon-Checkliste für Geruchsspender „Stress“

Spender Nr.:
(Bleistift)

Geruchssignale beim Menschen
Institut für Psychologie, CAU-Kiel



PD Dr. habil. B. Pause
Dipl.-Psych. J. Laudien
Dipl.-Psych. A. Ohrt
Dipl.-Psych. A. Prehn

Telefonkontakt mit:_____ Datum:_____

Europäer?_____ Rauchverhalten_____
(europäischer Abstammung?) (< 7 pro Woche)

Besteht momentan eine Schwangerschaft?: _____
(Ausschluss)
Versuchst du schwanger zu werden? _____
(Ausschluss)
Zyklus: regelmäßiger Zyklus _____

Ø Dauer _____

- Falls Pille: Pillen-Beipackzettel bereithalten
- Hinweis auf spätere Abfrage des Zyklustages (ab 1. Tag der letzten Menstruation)

Schlafgewohnheiten:_____
(keine Nacht- bzw. Wechselschichtarbeit
keine akuten Veränderungen des Schlaf-Wach-Rhythmus => sollte eine Woche lang gleich sein)

Medikamente _____
(Regelmäßige Einnahme, Wenn ja, welche?)

Alkoholkonsum: _____
(Wie viele Gläser Alkohol im Durchschnitt pro Woche?)

Drogenkonsum _____
(Haben sie jemals Drogen genommen? => regelmäßige Einnahme ist Ausschlusskriterium)

liegt eine Behinderung vor?:_____
(wg. Vergleichssituation)

Erkrankungen?

**Liste „Ausschlussbedingungen“ durchgehen (jeweils mit Beispiel)
besonders auf die immunologischen Erkrankungen eingehen (Autoimmunerk., akute allergische Reaktion)**

_____

_____

_____

Treibst du regelmäßig Sport (wenn ja, was und wie häufig) _____

Arbeitest du an Orten, an welchen starke Gerüche auftreten? _____

Hast du regelmäßig Kontakt mit Chemikalien?_____

auffälliger Körpergeruch?:_____

Körpergrösse:_____ Gewicht: _____ BMI:_____

Termine für Duftspender „Stress“

Spender Nr.:
(Bleistift)

Name: _____

Geb.-Datum: _____ (18 – 35 Jahre) Geschlecht: _____
(volljährig?)

Adresse: _____

_____ e-mail _____

Telefon: _____ Fallbearbeitung durch: _____

Bemerkungen aus Telefonkontakt

Duftspende:

Prüfungssituation

Fachbereich: _____ Art der Prüfung: _____
(bedeutsame Zwischen- oder Endprüfung)

Datum, Uhrzeit: _____

Ort: _____

_____

Transportproblem gelöst? _____

persönliche Bedeutsamkeit der Prüfung? _____

Angst vor der Prüfung? _____

Besondere Art der (psychischen) Vorbereitung? _____
(autogenes Training, Medikamente, etc.)

Vorbesprechung

Datum, Uhrzeit _____

Adresse: _____

_____

Telefon _____

Kontrollanruf Prüfung?
(Material)

Vergleichssituation

Ort, Datum, Uhrzeit: _____
(Auf Erinnerungszettel mit eigener Telefonnummer notieren)

_____

Erinnerungsanruf Kontrolle
Hinweis auf Verhaltensan-
passung an
Prüfungssituation
Verhaltenstagebuch nicht

Bemerkungen:

☐ *Regelmäßig Sport*

Checkliste für die Vorbesprechung

Pheromonal vermittelte Kommunikation von Emotion

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

A. D. 1665

PD Dr. habil. B. Pause
Dipl.-Psych. J. Laudien
Dipl.-Psych. A. Ohrt
Dipl.-Psych. A. Prehn

DAS MUSS MIT im Briefumschlag !!

Zum Abgeben

	1 Gefrierbeutel mit Anleitung für
	➢ Alufolie zum späteren Einwickeln
	➢ 2 Wattepads
	2 Pflaster mit Alufolie präpariert
	1 Gefrierbeutel mit
	➢ 1 Plastikhülle mit Anleitung für Speichelprobe
	- Salivetten
	- Salicaps + Strohhalme zum Reinspucken
	➢ Morgenspeichelprobe für die Vergleichssituation
	1 Waschlotion
	Allgemeine Informationen (4 Zettel)
	Zeitpläne (2 Zettel)
	Verhaltenstagebuch (5 Zettel)
	FB zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit (3 Zettel)

Zum Wieder mitnehmen

	Einverständniserklärung
	STAI
	SPAI
	Prüfungsangstskala
	Erinnerungszettel Vergleichssituation
	2 Demo-Salicaps und 2 Demo-Strohhalme
	2 Vorzeigesalivetten
	Vorzeigepflaster + Wattepad
	restliche Speichelproben

Geruchssignale beim Menschen
Institut für Psychologie, CAU-Kiel

Allgemeine Informationen zur Geruchsspende

Allgemeine Informationen zur Geruchsspende „Stress“

Geruchssignale beim Menschen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

A. D. 1665

PD Dr. habil. B. Pause
0431-880-3675
Dipl.-Psych. J. Laudien
0431-880-2774
Dipl.-Psych. A. Ohrt
0431-880-2685
Dipl.-Psych. A. Prehn
0431-880-2685

Lieber Körpergeruchsspender!

Vielen Dank, dass Sie an unserer Studie über Geruchssignale beim Menschen teilnehmen. Im Weiteren werden wir Sie nun über den Ablauf informieren.

Am Institut für Psychologie der CAU-Kiel untersuchen wir, ob Stress über den Körpergeruch vermittelbar ist. Dafür brauchen wir zwei Achselgeruchsproben von Ihnen und anderen Teilnehmenden, die wir in zwei verschiedenen Situationen erheben möchten. Die erste Situation ist Ihre mündliche Prüfung. In der zweiten Situation, ca. 2 Tage nach der ersten Spende, werden Sie auf einem Ergometer bei geringer Belastung Fahrrad fahren.

Um die Geruchsproben von Ihnen zu erhalten, werden Sie Wattepads tragen, die mit einem Pflaster befestigt werden. Weiterhin werden wir Sie bitten, Speichelproben abzugeben. Sie erhalten außerdem Fragebögen, mit denen auch private Aspekte der Befindlichkeit erfasst werden, welche selbstverständlich vertraulich behandelt werden. Um teilzunehmen, müssen Sie bestimmte Ernährungs- und Hygienevorschriften und andere Richtlinien einhalten. Die genauen Anleitungen sehen Sie auf den folgenden Blättern.

Weiterhin sollen Sie bestätigen, dass die unter „Ausschlussbedingungen für die Geruchsspende: Krankheiten, Medikation und Drogenmissbrauch“ ersichtlichen chronischen körperlichen und psychischen Störungen für Sie nicht zutreffen.

Wir möchten an dieser Stelle darauf hinweisen, dass das Pflaster, das zur Befestigung der Pads an Ihrem Körper benötigt wird, bei Personen mit besonders empfindlicher Haut eventuell zu lokalen Hautreizungen führen kann.

Für Ihren Einsatz erhalten Sie nach Abgabe beider Geruchsproben 70 Euro (10 Euro für die Abgabe der Pads in der 1. Situation + 10 Euro für die Abgabe der Pads in der 2. Situation + 50 Euro Durchhalte-Bonus !!).

Nach Abschluss der Studie geben wir gerne Auskunft über den Ausgang der Untersuchung.

Vielen Dank für Ihre Bemühungen.

Voraussetzungen für die Geruchsspende „Stress“: Verhalten

Voraussetzungen für die Geruchsspende : Verhalten

Da der Körpergeruch durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird, müssen wir Sie dringend bitten, verhaltensbestimmende Voraussetzungen zu erfüllen. Im Folgenden werden 5 Aspekte angesprochen, die Sie unbedingt bei den **beiden Spenden** beachten müssen.

1. Nahrungs- und Genussmittel

Sie dürfen am Tag der Spende sowie am Tag zuvor **keine Zwiebeln, keinen Spargel, keinen Knoblauch** und generell **keine stark gewürzten Speisen** (z.B. asiatische Küche) zu sich nehmen. Sie dürfen außerdem **am Vorabend der Spende** höchstens **1 Glas Alkohol** trinken und **1 Zigarette** rauchen; am Tag der Probenabgabe müssen Sie dieses unterlassen. Mindestens ein Tag vor der Spende bis zur Spendenabgabe dürfen Sie **keine Drogen** wie Marihuana etc. einnehmen. An den Tagen beider Spenden sollte der **Kaffeekonsum** in etwa gleich sein.

2. Medikamente

Falls Sie am Tag der Prüfung oder am Tag davor Medikamente (wie z.B. Aspirin) nehmen, notieren Sie diese bitte auf dem vorgegebenen „**Verhaltenstagebuch**“-Vordruck.

3. Hygiene

Am Abend vor der Spende müssen die Achseln mit der **beigefügten Waschlotion** bis **spätestens 24 Uhr** gewaschen werden. Am Tag der Spende dürfen Sie die Achseln **nur mit Wasser** waschen. Sie dürfen **kein Deo** benutzen (Sie können selbstverständlich ein Deo mit zur Prüfung nehmen und NACH der Duftprobenabnahme kurz vor der Prüfung anwenden). Bitte passen Sie darauf auf, dass **keine anderen Produkte** (z.B. Parfüm, Lotion, Rasierschaum etc.) in der Nähe der Achseln aufgetragen werden. Auch die Anwendung von Parfüm & Deo auf der **Kleidung** in Nähe der Achseln soll unterbleiben. In dem Fall, dass Sie einen **Partner** haben, achten Sie bitte darauf, dass in der Nacht vor der Spende Ihre Achseln nicht vom Partnerduft beeinflusst werden.

4. Schlaf

Da Sie vor beiden Spenden ca. gleich viel geschlafen haben sollen, müssen Sie den **Schlaf und die Zeit des Aufstehens** vor der 2. Situation den Bedingungen der Prüfungssituation angleichen.

5. Körperliche Aktivität

Sie sollen sich an den Tagen der Spenden möglichst wenig körperlich belasten. Besonders in den **zwei Stunden vor der Prüfung bzw. der Vergleichssituation** dürfen Sie nicht sportlich aktiv sein. Um zu den beiden Spendesituationen zu gelangen, sollen Sie den Hinweg so wählen, dass Sie sich dabei **nicht körperlich belasten**. Daher sollen Sie das Auto oder den Bus wählen oder zu Fuß gehen. Besteht für Sie keine dieser Möglichkeiten, wenden Sie sich bitte an uns.

Es sind auch noch weitere Beeinflussungen des Achselgeruchs denkbar. Bitte wenden Sie sich bei Fragen an Ihren Ansprechpartner (Tel.-Nr. auf „Erinnerungszettel“).
Wir bitten Sie, ein „Verhaltenstagebuch“ zu führen, auf dem Sie uns Ihr Verhalten bezüglich oben genannter Aspekte mitteilen.

Ausschlussbedingungen für die Geruchsspende„Stress“:Krankheiten, Medikation & Drogenmissbrauch

Ausschlussbedingungen für die Geruchsspende : Krankheiten, Medikation und Drogenmissbrauch

Da Sie für die Vergleichssituation gebeten werden, sich körperlich zu betätigen, müssen aus Sicherheitsgründen folgende Herz-Kreislauf-Beschwerden bei Ihnen **AUSGESCHLOSSEN** sein:

Herz-Kreislauf-Beschwerden

a) Herz-Rhythmusstörungen
b) Herzfehler (Herzgeräusche)
c) Chronisch veränderter Blutdruck (Hypertonie bzw. Hypotonie)
d) Allgemeiner Beschwerden bei Belastung (in Form von Schmerzen im Brustbereich, belastungsabhängiger Atmungsschmerz etc.)

Da der Körpergeruch durch verschiedene Krankheiten beeinflusst wird, müssen wir darauf Wert legen, dass folgende Krankheiten für Sie **NICHT ZUTREFFEND** sind.

1. **Übermäßige Schweißproduktion**

2. **Infektionen** (Röteln, Diphtherie, Tuberkulose etc.)

3. **Regionale Erkrankungen** der Achselhöhle. Hierzu zählen
   a) Entzündungen
   b) Infektionen mit Pilzen, Viren (z.B. Herpes) oder Bakterien
   c) Hauterkrankungen (Rötungen, Warzen, Basenbildungen etc.)
   d) Wunden oder Vernarbungen

4. **Parasitenbefall** (Läuse, Flöhe, Krätze etc.)

5. **Stoffwechselstörungen** infolge von z.B. Leber- oder Nierenerkrankungen, oder PKU

6. **Hormonelle Erkrankungen** (Diabetes, Schilddrüsenerkrankungen etc.)

7. **Neurologische Erkrankungen** (Erkrankungen des Gehirns und der Wirbelsäule, Verletzungen infolge von Unfällen, multiple Sklerose, Tumore, Epilepsie etc.)

8. **Immunologische Erkrankungen** (Autoimmunerkrankungen, akute allergische Reaktionen etc.)

9. **Psychiatrische Erkrankungen** (Depressionen, starke Ängste, Schizophrenie, Essstörungen etc.)

Außerdem bestätige ich dass ich

a) nicht regelmäßig **Alkohol** in hohen Dosen zu mir nehme
b) nicht regelmäßig anderweitige **Drogen** (Haschisch, Marihuana, Extacy, Kokain, LSD etc.) einnehme
c) nicht regelmäßig **Medikamente** einnehme, außer den bereits angegebene Präparaten (bitte noch einmal aufführen): _____

Zeitplan 1 Tag vor und am Tag der Prüfung

Zeitplan 1 Tag vor der Prüfung

generell	DROGEN	Keine Drogen
Am Tag vor der Spende	ERNÄHRUNG	Keine Zwiebeln / Kein Spargel / Kein Knoblauch / Keine stark gewürzten Speisen; Kaffeekonsum beachten
Am Abend vor der Spende	GENUSSMITTEL	Höchstens 1 Glas Alkohol Höchstens 1 Zigarette
Vor Mitternacht	HYGIENE	Achseln mit beigefügter Waschlotion waschen Danach kein Deo mehr benutzen
Nachts nach Mitternacht	HYGIENE	Achseln nur mit Wasser waschen Keine anderen Hygieneprodukte in Nähe der Achseln
In der gesamten Nacht	SCHLAF	Keine Beeinflussung der Achseln durch Partnerduft Schlafpensum in beiden Situationen angleichen

Zeitplan am Tag der Prüfung

sofort nach dem Aufwachen	SPEICHEL	Speichelprobe
am Morgen	HYGIENE	Achseln wenn, dann nur mit Wasser waschen / Kein Deo Keine anderen Hygieneprodukte in Nähe der Achseln
Am Tag	ERNÄHRUNG & GENUSSMITTEL	Keine Zwiebeln / Kein Spargel / Kein Knoblauch / Keine Zigaretten / Kein Alkohol / Keine stark gewürzten Speisen; Kaffeekonsum beachten
2 Stunden vor der Prüfung	SPORT	Keine sportliche Betätigung
1h & 5 min vor der Prüfung	SPEICHEL & WATTEPADS	Speichelprobe Wattepads anlegen
35 min vor der Prüfung	SPEICHEL	Speichelprobe
NICHT VERGESSEN!!		leeren Gefrierbeutel / Alufolie / die benutzten und unbenutzten Wattestäbchen incl. Hülsen / Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit mitnehmen
Vor der Prüfung	HINWEG	Keine starke körperliche Belastung
5 min vor der Prüfung	SPEICHEL, FRAGEBÖGEN & WATTEPADS	Speichelprobe Fragebögen zur emotionalen Befindlichkeit ausfüllen Wattepads abnehmen
Prüfungstermin		Und dann: VIEL ERFOLG bei der Prüfung!!
Nach der Prüfung	SPEICHEL	Speichelprobe

! Verhaltenstagebuch führen !

Zeitplan 1 Tag vor und am Tag der Vergleichssituation

Die Vergleichssituation wird ca. 2 Tage nach der Prüfung zur gleichen Uhrzeit wie die vorherige Spende stattfinden. Wir werden Sie dort bitten, sich bei geringer Belastung auf einem Fahrrad-Ergometer zu betätigen, 4 Speichelproben abzugeben und schon bekannte Fragebögen auszufüllen. Es ist zu empfehlen, sportliche Kleidung anzuziehen / mitzunehmen und ein Handtuch dabei zu haben. Insgesamt wird diese Situation ca. 1 ½ Stunden dauern.

Im Anschluss erhalten Sie 20 Euro für die Teilnahme sowie 50 Euro "Durchhalte-Bonus".

Zeitplan 1 Tag vor der Vergleichssituation

generell	DROGEN	Keine Drogen
Am Tag vor der Spende	ERNÄHRUNG	Keine Zwiebeln / Kein Spargel / Kein Knoblauch / Keine stark gewürzten Speisen; Kaffeekonsum beachten
Am Abend vor der Spende	GENUSSMITTEL	Höchstens 1 Glas Alkohol Höchstens 1 Zigarette
Vor Mitternacht	HYGIENE	Achseln mit beigefügter Waschlotion waschen Danach kein Deo mehr benutzen
Nachts nach Mitternacht	HYGIENE	Achseln nur mit Wasser waschen Keine anderen Hygieneprodukte in Nähe der Achseln
In der gesamten Nacht	SCHLAF	Keine Beeinflussung der Achseln durch Partnerduft Schlafpensum in beiden Situationen angleichen

Zeitplan am Tag der Vergleichssituation

sofort nach dem Aufwachen	SPEICHEL	Speichelprobe
am Morgen	HYGIENE	Achseln wenn, dann nur mit Wasser waschen / Kein Deo Keine anderen Hygieneprodukte in Nähe der Achseln
Am Tag	ERNÄHRUNG & GENUSSMITTEL	Keine Zwiebeln / Kein Spargel / Kein Knoblauch / Keine Zigaretten / Kein Alkohol / Keine stark gewürzten Speisen; Kaffeekonsum beachten
1 Stunde vor der Vergleichs-situation	SPORT	Keine sportliche Betätigung
NICHT VERGESSEN!!		die benutzten Wattestäbchen incl. Hülsen / Verhaltenstagebuch mitnehmen
Vor der Vergleichs-situation	HINWEG	Keine starke körperliche Belastung

! Verhaltenstagebuch führen !

Zum Tragen der Wattepads

In beiden Situationen soll unter jeder Achsel je ein Pflaster mit je einem Wattepad getragen werden. Diese werden pro Situation eine Stunde durchgehend getragen. Bei der **Prüfungssituation** werden die Pads VOR und NICHT WÄHREND der Prüfung getragen:

Bitte achten Sie darauf, die Wattepads beim Anlegen und Ablegen so wenig wie möglich mit den Fingern zu berühren, um etwaige geruchliche Verunreinigungen zu minimieren.

Nehmen Sie die beiden Wattepads und die beiden Pflaster aus dem Gefrierbeutel. Legen Sie die Wattepads jeweils auf die Alufolienvorrichtung eines Pflaster. Kleben Sie je eine Wattepad-Pflaster-Kombination **1 Stunde und 5 Minuten** vor dem Prüfungstermin mittig in beide Achselhöhlen. Nehmen Sie den leeren Gefrierbeutel, die Alufolie und die beiden Fragebögen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit im Umschlag mit zur Prüfung. Belasten Sie sich auf dem Hinweg zu Ihrer Prüfung nicht körperlich. Direkt vor der Prüfung (ca. 5 Minuten davor) füllen Sie die zwei Fragebögen aus. Nehmen Sie die Wattepads und Pflaster auf der Toilette ab und wickeln Sie *nur* die Pads gemeinsam in die Alufolie ein. Stecken Sie sie in den Gefrierbeutel und verschließen Sie diesen gut. Dann legen Sie ihn mit den ausgefüllten Fragebögen in den Umschlag. Diesen Umschlag nimmt eine anwesende Versuchsleiterin noch vor der Prüfung von Ihnen entgegen. Dann können Sie zur Prüfung (VIEL GLÜCK!!).

In der **Vergleichssituation** werden die **Pads während der gesamten Situation** getragen und daher auch erst vor Ort (in der Physiologie oder Sportmedizin) angelegt. Die benötigten Wattepads und Pflaster liegen dort bereit.

Speichelprobenabgabe-Prüfungssituation

5 Speichelproben zu denen jeweils **a)** in ein Röhrchen hinein gespeichelt und **b)** ein Wattestäbchen gekaut werden muss: morgens **sofort nach** dem Aufwachen, **1 Stunde und 5** Minuten vor der Prüfung, **35 Minuten vor** der Prüfung, **5 Minuten vor** der Prüfung und **direkt nach** der Prüfung.

Anleitung: Nehmen Sie für jede Spende zunächst ein Speichelröhrchen samt Strohhalm aus dem Umschlag heraus. Spucken Sie in den Strohhalm und pusten Sie Ihren Speichel in das mitgegebene Röhrchen. Bitte achten Sie darauf, dass das Röhrchen bis mindestens um untersten Eichstrich (0,5µl) mit Speichel gefüllt ist. Verschließen Sie dann das Röhrchen und legen es in den Umschlag zurück. Anschließend nehmen Sie ein Wattestäbchen aus einer Plastikhülse und kauen dann auf diesem herum, bis es vollgespeichelt ist (ca. 1 min). Stecken Sie dann jenes direkt aus dem Mund in die Plastikhülse zurück und legen Sie diese in den Umschlag. Nehmen Sie am Tag der Prüfung die bereits benutzten und noch unbenutzten Speichelproben mit zur Prüfung. Eine anwesende Versuchsleiterin wird die Proben von Ihnen entgegen nehmen und Ihnen die Utensilien für die Speichelprobe nach der Prüfung überreichen.

Achtung: Bitten nehmen Sie ½ Stunde vor jeder Speichelprobenabgabe weder flüssige noch feste Nahrung zu sich. Wenn Sie Durst haben, können Sie nach der jeweiligen Speichelprobe Wasser in Maßen trinken.

Spender-Nr.

Geruchssignale beim Menschen
Institut für Psychologie, CAU-Kiel

A. D. 1665

VERHALTENSTAGEBUCH

Verhaltenstagebuch bei der Geruchsspende „Stress“: 1 Tag vor der Prüfung

Spender-Nr.

Verhaltenstagebuch: 1 Tag vor der Prüfung

Tragen Sie bitte ein, was Sie an den entsprechenden Tagen verzehrt und getrunken haben und welche Medikamente und Hygienemittel Sie verwendet haben. Notieren Sie, falls Sie Zigaretten geraucht haben. Bitte geben Sie außerdem an, wieviel und von wann bis wann Sie geschlafen haben, wie Sie zur Prüfung gelangt sind und ob Sie sich körperlich betätigt haben. Wir bitten die Frauen um Angaben bezüglich ihres Zyklus.

DATUM (1 Tag vor der Prüfung) : _____

Zeit	Essen	Zeit	Trinken (Alkohol, Kaffee, etc.)

Zeit	Hygienemittel

Zeit	Medikamente + Grund (z.B. „Aspirin“ bei Kopfschmerz, „Reactine“ bei allergischer Reaktion)	Zeit	Rauchen

Nur für Frauen:

Nehmen Sie die Pille? _____

Falls Sie die Pille nehmen, wie ist der Name ihrer Pille ? _____

Am wievielten Tag des Zyklus ist ihre Prüfung ? _____
(Beginn des Zyklus = 1. Tag der Menstruation)

Bis zu welchem Tag des Zyklus dauerte die Menstruation ? _____

Verhaltenstagebuch bei der Geruchsspende „Stress“ :
Am Tag der Prüfung

Spender-Nr.

Verhaltenstagebuch: Am Tag der Prüfung

DATUM (Tag der Prüfung) : _____

Zeit	Essen	Zeit	Trinken (Alkohol, Kaffee, etc.)

Zeit	Hygienemittel

Zeit	Medikamente + Grund (z.B. „Aspirin“ bei Kopfschmerz, „Reactine“ bei allergischer Reaktion)	Zeit	Rauchen

Ich habe von _____ Uhr bis _____ Uhr geschlafen. Das sind _____ Stunden.

Ich habe die Morgen-Speichelprobe um _____ Uhr abgegeben.

Ich bin mit dem Bus / mit dem Auto / mit dem Fahrrad / zu Fuß / anders:_____
zur Prüfung gelangt (Zutreffendes bitte unterstreichen).

Waren Sie in den letzten 2 Stunden vor der Prüfung körperlich aktiv? _____

Wenn ja, wie?_____

Verhaltenstagebuch bei der Geruchsspende „Stress“:
1 Tag vor der Vergleichssituation

Spender-Nr.

Verhaltenstagebuch: 1 Tag vor der Vergleichssituation

Tragen Sie bitte erneut ein, was Sie an den entsprechenden Tagen verzehrt und getrunken haben und welche Medikamente und Hygienemittel Sie verwendet haben. Notieren Sie, falls Sie Zigaretten geraucht haben. Bitte geben Sie außerdem an, wieviel und von wann bis wann Sie geschlafen haben, wie Sie zu der Vergleichssituation gelangt sind und ob Sie sich vorher körperlich betätigt haben.

DATUM (1 Tag vor der Vergleichssituation) : _____

Zeit	Essen	Zeit	Trinken (Alkohol, Kaffe, etc.)

Zeit	Hygienemittel

Zeit	Medikamente + Grund (z.B. „Aspirin“ bei Kopfschmerz, „Reactine“ bei allergischer Reaktion)	Zeit	Rauchen

Verhaltenstagebuch bei der Geruchsspende „Stress“ :
Am Tag der Vergleichssituation

Spender-Nr.

Verhaltenstagebuch: Am Tag der Vergleichssituation

DATUM (Tag der Vergleichssituation) : _____

Zeit	Essen	Zeit	Trinken (Alkohol, Kaffee, etc.)

Zeit	Hygienemittel

Zeit	Medikamente + Grund (z.B. „Aspirin“ bei Kopfschmerz, „Reactine“ bei allergischer Reaktion)	Zeit	Rauchen

Ich habe von _____ Uhr bis _____ Uhr geschlafen. Das sind _____ Stunden.

Ich habe die Morgen-Speichelprobe um _____ Uhr abgegeben.

Ich bin mit dem Bus / mit dem Auto / mit dem Fahrrad / zu Fuß / anders:_____
zur Vergleichssituation gelangt (Zutreffendes bitte unterstreichen).

Waren Sie in der letzten Stunde vor der Vergleichssituation körperlich aktiv? _____

Wenn ja, wie?_____

Einverständniserklärung zur Geruchsspende „Stress“

Spender-Nr.:
(Bleistift)

Geruchssignale beim Menschen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

A. D. 1665

PD Dr. habil. B. Pause
Dipl.-Psych. J. Laudien
Dipl.-Psych. A. Ohrt
Dipl.-Psych. A. Prehn

Einverständniserklärung

Ich nehme freiwillig an zwei Situationen teil, in denen von mir jeweils zwei Achselschweißproben mittels Wattepads abgegeben werden: zum einen vor einer Prüfung und zum anderen während einer sportlichen Betätigung. Ich bin darüber unterrichtet worden, dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen von der Untersuchung zurücktreten kann. Die schriftlichen „Allgemeinen Informationen zum Versuch“ habe ich gelesen. Meine Fragen wurden ausreichend beantwortet.

Ich bin damit einverstanden, dass im Rahmen der Studie meine Daten (z. B. über Alter, Geschlecht, emotionale Befindlichkeit) aufgezeichnet und anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) zur Auswertung der Ergebnisse verwendet werden. Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden streng vertraulich gemäß dem Datenschutz behandelt. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu.

Ich verpflichte mich hiermit, alle Angaben (bezüglich Fragebogenangaben, Gesundheit, Medikation etc.) nach bestem Wissen und Gewissen zu machen.

Weiterhin verpflichte ich mich zur Einhaltung der Verhaltensvoraussetzungen und bestätige, dass meines Wissens nach die unter „Ausschlussbedingungen für die Geruchsspende: Krankheiten, Medikation und Drogenmissbrauch“ aufgeführten physischen und psychischen Erkrankungen auf mich nicht zutreffen.

Hiermit versichere ich, dass ich mich körperlich gesund fühle und in der Lage sehe, an dieser Untersuchung teilzunehmen.

Name: _____

Anschrift: _____

Tele.-Nr. (freiwillig): _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

Vergleichssituation-ERINNERUNG			
	AM_____ UM_____		
ORT	☐	Physiologisches Institut Hermann-Rodewald-Straße 5 Raum 512/512a	☐ Institut für Sport (ISS) Olshausenstrasse 74 Raum 418
ANSPRECHPARTNERIN			
	Tel.:		

Vergleichssituation-ERINNERUNG			
	AM_____ UM_____		
ORT	☐	Physiologisches Institut Hermann-Rodewald-Straße 5 Raum 512/512a	☐ Institut für Sport (ISS) Olshausenstrasse 74 Raum 418
ANSPRECHPARTNERIN			
	Tel.:		

Vergleichssituation für Geruchsspender „Stress“

Spender Nr.:

Geruchssignale beim Menschen
Institut für Psychologie, CAU-Kiel

PD Dr. habil. B. Pause
Dipl.-Psych. J. Laudien
Dipl.-Psych. A. Ohrt
Dipl.-Psych. A. Prehn

Versuchsleiter:_____

Datum:_____ Zimmertemperatur:_____

Uhrzeit der Prüfung: _____

Ist-Zeit:_____ **Beginn der Vergleichssituation: Begrüßung**

Entgegennahme der mitgebrachten Speichelproben und des Verhaltenstagebuchs

Ist-Zeit:_____ Umziehen; **Anlegen der Watte-Pads**, **erste Speichelprobe**
Soll-Zeit:_____ *(zeitlich 65 Minuten vor Prüfungstermin)*

3 min	Belastungstest (110 HR)
	Puls bei 50 Watt_____
	Puls bei 100 Watt_____
	Puls bei 150 Watt_____
10 min	1. Einheit
15 min	Pause

Ist-Zeit:_____ **zweite Speichelprobe**
Soll-Zeit:_____ *(zeitlich 35 Minuten vor Prüfungstermin)*

10 min	2. Einheit
10 min	Pause
10 min	3.Einheit Pause + FB zur Erfassung der emot. Befindlichkeit

Ist-Zeit:_____ **dritte Speichelprobe &** Abnehmen der Watte-Pads
Soll-Zeit:_____ *(zeitlich 5 Minuten vor Prüfungstermin)*

Umziehen
Bei Bedarf: Besprechung Verhaltenstagebuch
Auszahlen des Geldes und Quittierung
(Androstenuntersuchung etc.)

Ist-Zeit:_____ **vierte Speichelprobe**
Soll-Zeit:_____ *(zeitlich nach der Prüfung)*

Ist-Zeit:_____ „Einhaltungsfrage“, Dank &Verabschiedung

Bemerkungen

Prüfungsangst-Skala

Spender Nr.:

Skala zur Beschreibung der allgemeinen Prüfungsangst

Bitte geben Sie auf der unten dargestellten Skala das Ausmaß der von Ihnen **im Allgemeinen** vor Prüfungen erlebten Angst an. In diese Einschätzung soll eingehen

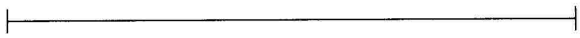
a. wie **nervös, ängstlich** und **besorgt** Sie sich im Allgemeinen vor Prüfungen fühlen

b. für wie **übertrieben** Sie das Ausmaß der erlebten Angst halten

c. ob die erlebte Angst dazu führt, dass Sie **Prüfungssituationen vermeiden**

d. wie sehr die Angst die **normale Lebensführung** einschränkt und **Leiden** verursacht

Bitte markieren Sie durch einen senkrechten Strich auf der Skala, wie stark Sie ihre Prüfungsangst im Allgemeinen erleben.



nicht vorhanden

extrem stark

Fragebogen zur Selbstbeschreibung STAI-G Form X2: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie Sie sich **im Allgemeinen** fühlen. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die am besten beschreibt, wie Sie sich **im Allgemeinen** fühlen.	FAST NIE	MANCHMAL	OFT	FAST IMMER
1. Ich bin vergnügt	1	2	3	4
2. Ich werde schnell müde	1	2	3	4
3. Mir ist zum Weinen zumute	1	2	3	4
4. Ich glaube, es geht mir schlechter als anderen Leuten	1	2	3	4
5. Ich verpasse günstige Gelegenheiten, weil ich mich nicht schnell genug entscheiden kann	1	2	3	4
6. Ich fühle mich ausgeruht	1	2	3	4
7. Ich bin ruhig und gelassen	1	2	3	4
8. Ich glaube, dass mir meine Schwierigkeiten über den Kopf wachsen	1	2	3	4
9. Ich mache mir zuviel Gedanken über unwichtige Dinge	1	2	3	4
10. Ich bin glücklich	1	2	3	4
11. Ich neige dazu alles zu schwer zu nehmen	1	2	3	4
12. Mir fehlt es an Selbstvertrauen	1	2	3	4
13. Ich fühle mich geborgen	1	2	3	4
14. Ich mache mir Sorgen über mögliches Missgeschick	1	2	3	4
15. Ich fühle mich niedergeschlagen	1	2	3	4
16. Ich bin zufrieden	1	2	3	4
17. Unwichtige Gedanken gehen mir durch den Kopf und bedrücken mich	1	2	3	4
18. Enttäuschungen nehme ich so schwer, dass ich sie nicht vergessen kann	1	2	3	4
19. Ich bin ausgeglichen	1	2	3	4
20. Ich werde nervös und unruhig, wenn ich an meine derzeitigen Angelegenheiten denke	1	2	3	4

- S P A I -

Name/Code: _____ Datum: _____

Sie finden hier eine Liste, in denen Erfahrungen, Gedanken und Gefühle beschrieben werden, die man in sozialen Situationen erleben kann. Unter einer sozialen Situation soll dabei eine Begegnung von zwei oder mehreren Personen verstanden werden. Beispiele hierfür sind eine Versammlung, ein Vortrag, eine Party oder ein Gespräch mit anderen. Viele Menschen erleben sich selbst in solchen Situationen als unsicher. Das bedeutet, sie sind angespannt, nervös oder fühlen sich unwohl. Bitte kreuzen Sie bei der jeweiligen Aussage an, wie häufig Sie sich so erleben.

		nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
1.	Ich bin unsicher, wenn ich zum Mittelpunkt der Aufmerksamkeit werde.	O	0	0	0	0	0	0
2.	Ich bin unsicher, wenn ich in einer sozialen Situation bin und von mir erwartet wird, in irgendeiner Form aktiv zu werden.	nie	sehr selten	selten	manchmal	häuig	sehr häufig	immer
		0	0	0	0	0	0	0
3.	Ich bin unsicher, wenn ich eine Rede vor einem Publikum halte.	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
		0	0	0	0	0	0	0
4.	Ich bin unsicher, wenn ich mich im kleineren Rahmen bei einem zwanglosen Treffen äußere.	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
		0	0	0	0	0	0	0
5.	Ich bin unsicher, wenn ich in einer Gaststätte oder in einem Restaurant bin.	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
		0	0	0	0	0	0	0
6.	Soziale Situationen machen mich so unsicher, dass ich sie vermeide.	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
		0	0	0	0	0	0	0
7.	Ich bin in sozialen Situationen so unsicher, dass ich sie verlasse.	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
		0	0	0	0	0	0	0
8.	Ich bin unsicher bei einem Treffen im größeren Rahmen mit:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
	Fremden	0	0	0	0	0	0	0
	Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
	Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
	Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
9.	Ich bin unsicher und weiß nicht was ich tun soll, wenn ich in einer neuen Situation bin mit:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
	Fremden	0	0	0	0	0	0	0
	Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
	Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
	Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
10.	Ich bin unsicher und weiß nicht was ich tun soll, wenn ich in eine Konfrontation verwickelt bin mit:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
	Fremden	0	0	0	0	0	0	0
	Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
	Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
	Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
11. Ich bin unsicher und weiß nicht was ich tun soll, wenn ich in einer peinlichen Situation bin mit:							
Fremden	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
12. Ich bin unsicher, wenn ich eine Meinung vertrete gegenüber:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
Fremden	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
13. Ich bin unsicher, wenn ich ein Gespräch beginnen muss mit:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
Fremden	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
14. Ich bin unsicher, wenn ich länger als ein paar Minuten zu tun habe mit:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
Fremden	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
15. Ich bin unsicher, wenn ich spreche vor:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
Fremden	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0
16. Ich bin unsicher, wenn ich kritisiert oder zurückgewiesen werde von:	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
Fremden	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
17. Ich versuche soziale Situationen zu vermeiden, wenn folgende Personen anwesend sind:							
Fremde	0	0	0	0	0	0	0
Autoritätspersonen	0	0	0	0	0	0	0
Personen des anderen Geschlechts	0	0	0	0	0	0	0
Menschen im Allgemeinen	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
18. Ich bin unsicher, wenn ich vor Fremden schreibe oder tippe.	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
19. **Bevor** ich mich in eine soziale Situation begebe, bin ich unsicher.	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
20. Bevor ich mich in soziale Situationen begebe, denke ich an viele Dinge, die fehlschlagen können. Die Art Gedanken, die ich mir mache, sind:							
Werde ich angemessen gekleidet sein?	0	0	0	0	0	0	0
Ich werde wahrscheinlich einen Fehler machen und mich blamieren	0	0	0	0	0	0	0
Was werde ich tun, wenn niemand mit mir spricht?	0	0	0	0	0	0	0
Über was kann ich sprechen, wenn ein Gespräch stockend verläuft?	0	0	0	0	0	0	0
Die Leute werden merken, wie unsicher ich bin	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
21. Ich habe beunruhigende Gedanken, wenn ich in einer sozialen Umgebung bin. Zum Beispiel:							
Ich wünschte, ich könnte gehen und die ganze Situation vermeiden	0	0	0	0	0	0	0
Wenn ich wieder alles vermassle, werde ich wirklich mein Selbstvertrauen verlieren	0	0	0	0	0	0	0
Welchen Eindruck mache ich?	0	0	0	0	0	0	0
Egal was ich sage, es wird wahrscheinlich dumm klingen	0	0	0	0	0	0	0

	nie	sehr selten	selten	manchmal	häufig	sehr häufig	immer
22. **In** sozialen Situationen erlebe ich folgendes:							
Schwitzen	0	0	0	0	0	0	0
Erröten	0	0	0	0	0	0	0
Zittern	0	0	0	0	0	0	0
Harndrang	0	0	0	0	0	0	0
Herzklopfen	0	0	0	0	0	0	0

Spender-Nr.

Geruchssignale beim Menschen
Institut für Psychologie, CAU-Kiel

A. D. 1665

FRAGEBÖGEN ZUR ERFASSUNG DER

EMOTIONALEN BEFINDLICHKEIT

Erst 5 Minuten vor der Prüfung ausfüllen

Fragebogen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit bei Geruchsspendern „Stress“: SAM

Spender-Nr.

Sie sehen hier drei Reihen mit einem kleinen Männchen. Das ist SAM. Er stellt verschiedene Gefühlszustände dar. Durch ein Kreuz auf dem passenden SAM oder dem Rechteck zwischen zwei Sams können Sie Ihren derzeitigen Gefühlszustand ausdrücken.

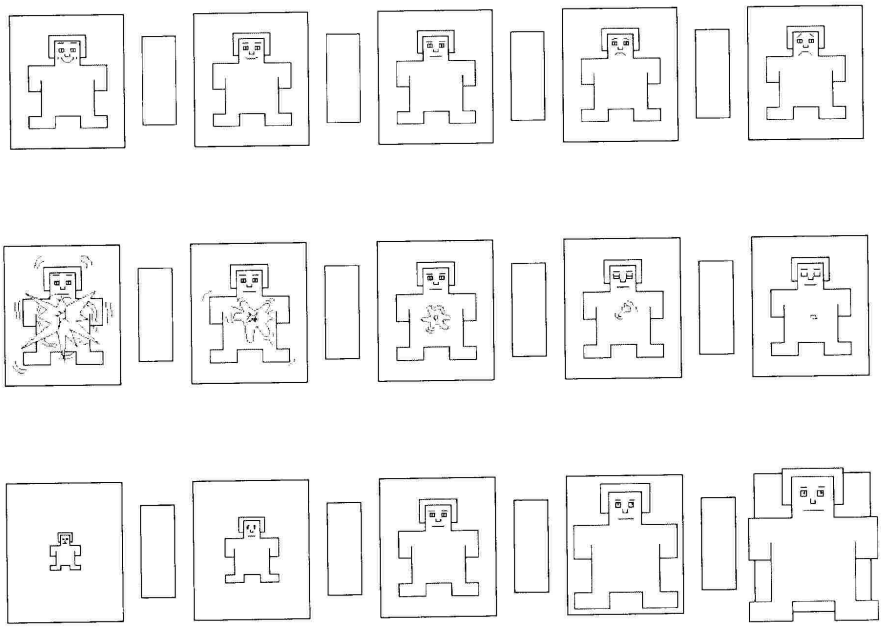
Die 1. SAM-Skala ist die **fröhlich vs. traurig** Skala. Auf dem Extrem der linken Seite kreuzen Sie an, wenn Sie sich **fröhlich/glücklich/zufrieden/erwartungsvoll** fühlen. Auf der extremen rechten Seite können Sie angeben, wenn Sie sich **traurig/unmutig/verzweifelt/ unglücklich** fühlen. Wenn Sie sich weder traurig noch fröhlich, sondern **neutral** fühlen, kreuzen Sie den mittleren SAM an.

Die 2. SAM-Skala ist die **erregt vs. ruhig** Skala. Am linken Extrem der Skala geben Sie an, wenn Sie sich **erregt/belebt/aufgeregt/nervös** fühlen. Am rechten Ende der Skala ist das **entspannt/ruhig/schläfrig/ausgeglichen** Extrem dargestellt, das Sie ankreuzen, wenn Sie sich dementsprechend fühlen. Wenn Sie weder aufgeregt noch besonders ruhig sind, sondern **ganz neutral**, kreuzen Sie den SAM in der Mitte an.

Die 3. SAM-Reihe stellt die **kontrolliert vs. unkontrolliert** Skala dar. Wenn Sie sich **kontrolliert/hilflos/eingeschüchtert/unterwürfig** fühlen, setzen Sie ein Kreuz auf den linken kleinen SAM. Fühlen Sie sich **selbststeuernd/dominant/unabhängig/autonom**, so setzen Sie ihr Kreuz auf den rechten großen SAM. Fühlen Sie sich weder besonderes hilflos noch dominant, sondern **neutral,** kreuzen Sie den SAM in der Mitte an.

Bitte kreuzen Sie in jeder Reihe die Figur an, die am besten darstellt, wie Sie sich **augenblicklich** fühlen. Sie können Ihr Kreuz jeweils auf einem der SAMs oder in eines der Rechtecke zwischen zwei SAMs machen. Bitte machen Sie pro Reihe nur ein Kreuz!

SAM-Skalen



Fragebogen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit bei Geruchsspendern „Stress“: Grundemotionen

Spender-Nr.

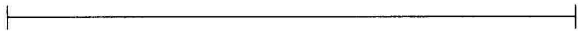
Dieser Teil setzt sich aus Skalen zusammen, die Ihre augenblickliche emotionale Befindlichkeit entlang 6 verschiedener Grundemotionen erfasst. Jede Skala reicht von „trifft gar nicht zu“ bis zu „trifft völlig zu“, womit diese Werte die Extreme der jeweiligen Emotion darstellen. Bitte markieren Sie durch einen senkrechten Strich auf der Skala, wie stark Sie die jeweilige Emotion im Augenblick erleben.

Freude



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Ärger



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Traurigkeit



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Angst/Furcht



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Überraschung



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Ekel

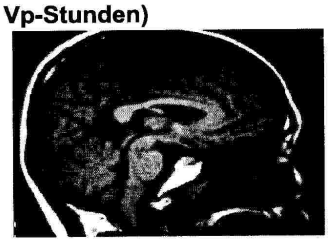


trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Teilnehmer/-innen für eine fMRT-Studie gesucht

Für eine fMRT-Studie werden Probanden/innen gesucht, deren Hirnaktivität bei der Wahrnehmung von Körpergerüchen untersucht werden soll.

Wenn Du
- **rechtshändig,**
- **Nichtraucher,**
- **zwischen 18 und 40 Jahre alt,**
- **körperlich gesund bist,**
- **flexibel Zeit hast**
- **und Dir dabei 10 € verdienen möchtest (alternativ 2 Vp-Stunden)**



dann melde Dich bei

Dipl.-Psych. Alexander Prehn
Institut für Psychologie, Raum 337
Tel: 0431 – 880 2685
auch am Wochenende; bitte auf AB sprechen

Als Bonus erhältst Du eine CD mit anatomischen Darstellungen Deines Gehirns!

Tabelle 10-1 Übersicht über Vpn-Daten

Vp-Nr.	Alter	SIAS	MRI-FSS	Relev. chron. Erkrank./Med.	Op. /Verletz. am Kopf o. Schädel o. i. Nasen-/ Rachen-raum	Ø Zyklus-dauer	Phase der Pille	Psych. Behandl.	Raucher	Alk. pro Woche in Gläsern	Regelm. Drogen-konsum	akute Einnahme von Med.	akute Erkank.	Alk.-konsum am Tage vor Versuch	Tag des Zyklus am Versuchstag	Dauer der letzten Menstr.	Schlaf vor Ver-such in h	Dauer des Ver-suchs in h; min
203	25	8	0	-	-	28	4	-	GR	4	-	-	-	0	17	5	7	2;20
204	31	14	0	-	-	28	1	-	GR	1	-	-	-	0	8	5	8,5	2;12
206	23	13	0	-	-	25	-	-	NR	0	-	-	-	0	19	5	7	1;54
207	39	14	1	-	-	28	-	-	NR	3	-	-	-	1	18	7	7	1;48
208	22	6	0	-	-	28	1	-	NR	1	-	-	-	0	20	5	8	1;40
209	32	14	3	-	-	30	-	-	NR	0	-	-	-	0	20	6	9	1;45
211	26	5	1	-	-	28	1	-	NR	1	-	-	-	0	25	5	8,5	1;36
212	20	10	0	-	-	28	-	-	NR	0	-	-	-	0	17	7	6	2;10

Legende:

NR: Nichtraucher
GR: Gelegenheitsraucher

Telefon-Checkliste Vpn, Körpergeruch_fMRT_1

Datum	Vp-Nr. (Bleistift)

Name: _____ Telefonnummer: _____

Geb.-Datum: _____ (18 - 40 Jahre) Geschlecht: _____
(volljährig?)

Europäer? ja ☐ nein ☐ Beruf: _____

Raucher? nein ☐ ja ☐ Falls ja: Gelegenheitsraucherin)? _____
(mind. 1 Jahr) (< 7 pro Woche seit 1 Jahr)

Händigkeit? rechtshändig ☐ linkshändig ☐ teilweise ☐

Sind Sie gesund? ja ☐ nein ☐ _____

Besteht momentan eine Schwangerschaft? _____ Versuchen Sie schwanger zu werden? _____
(Falls ja, zu ANNE weiterleiten!)

Pille? ja ☐ nein ☐ regelmäßiger Zyklus? Ja ☐ nein ☐ Ø Dauer _____
(falls ja, Beipackzettel mitbringen)

Bitten, den Zyklus zu beobachten, um anzugeben zu können, an welchem Tage des Zyklus der Versuch stattfindet.

chronischen Erkrankungen? nein ☐ ja ☐ welche? _____
(neurologisch, hormonell, immunologisch)

chronische Erkrankungen der Atemwege? nein ☐ ja ☐ welche? _____

Nehmen Sie zurzeit Medikamente? nein ☐ ja ☐ welche? _____

Warum? _____

Operationen/Verletzungen an Kopf und Schädel oder im Nasen-Rachenraum? nein ☐ ja ☐
(Schädel-Hirn-Trauma, Hirnerschütterung) (z.B. Nasenbeinbruch)
welche? _____

Waren Sie schon einmal bei einem Psychiater oder Psychologen in Behandlung? nein ☐ ja ☐
(Therapie o.k., aber keine Medikamente)
warum? _____

Bereits gescannt worden? nein ☐ ja ☐ Probleme: _____

Agoraphobie: nein ☐ ja ☐
Hatten Sie jemals Angst, allein das Haus zu verlassen, sich in Menschenmengen zu befinden, in Schlangen anzustehen oder mit dem Zug mit dem Bus oder Fahrstuhl zu fahren? Was befürchten Sie, hätte passieren können? Vermeiden Sie solche Situationen?

Panikattaken: nein ☐ ja ☐
Hatten Sie jemals einen Angstanfall, bei dem Sie ganz plötzlich (wie aus heiterem Himmel) in panischen Schrecken gerieten oder panische Angst hatten?

Platzangst: Haben Sie Angst, sich in beengten Räumen aufzuhalten (Fahrstuhl, Tunnel o.ä.) nein ☐ ja ☐

Ø Alkohol pro Woche: _____ Andere Drogen: _____

Besonderheiten bzgl. der Riechfähigkeit oder Geruchswahrnehmung? _____

Behinderung? nein ☐ ja ☐ welche? _____

Schwerhörigkeit? nein ☐ ja ☐ normale Sehkraft (auch korrigiert)? nein ☐ ja ☐
(Sehhilfe in Form von Kontaktlinsen mitbringen falls nötig)

Datum für Versuch: _____ Uhrzeit: _____

Bemerkungen:

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Allgemeine Informationen zum Versuch

In dieser Studie wird die Wahrnehmung von menschlichen Körpergerüchen untersucht. Es geht um die Frage, ob Körpergerüche auch in schwach dosierten Mengen wahrgenommen werden können und inwieweit sich das Bemühen, diese zu erkennen, in der Hirnaktivität widerspiegelt. Hierzu werden Ihnen in bestimmten Abständen sowohl schwach dosierte menschliche Körpergerüche, als auch schwach dosierte Standardgerüche dargeboten. Während der Geruchspräsentation wird Ihre Hirnaktivität mit Hilfe eines fMRT-Scanners aufgezeichnet. Ihre Aufgaben bestehen darin, zum einen vor dem Scanvorgang die Gerüche zu bewerten und zum andere während des Scanvorgangs nach jeder Geruchspräsentationen angeben, ob Sie die dargebotenen Gerüche gerochen haben oder nicht.

Die Gerüche werden Ihnen zusammen mit Frischluft über eine Atemmaske dargeboten.
Die Untersuchung wird ca. 1,5 Stunde dauern.

Aufgrund theoretischer Überlegungen, aber auch aus versicherungstechnischen Gründen sind wir gezwungen, Ausschlusskriterien zu formulieren. Bitte lesen Sie die Ausschlusskriterien aufmerksam durch. Trifft mindestens eines dieser Kriterien auf Sie zu, können Sie an dem Versuch nicht teilnehmen.

Die Ausschlusskriterien sind:

- tatsächliche oder mögliche Schwangerschaft
- außereuropäische Abstammung
- Raucher
- keine Rechtshändigkeit
- körperliche Behinderungen
- chronische Erkrankungen neurologischer, hormoneller oder immunologischer Art
- chronische Erkrankung der Atemwege
- chronische Medikationen
- erhöhter Drogen- oder Alkoholkonsum
- Schizophrenie, Depression, Angststörungen
- Angst vor engen Räumen
- Operationen/Verletzungen an Kopf und/oder Schädel (z.B. Schädelhirntrauma)
- Operationen/Verletzungen im Nasen-Rachenraum
- akut/chronisch deutlich verminderte Riechfähigkeit

Ablaufprotokoll Vpn:
Körpergeruch_fMRT_1_Vorversuch

Datum	Vp-Nr.

VL 1: _____ VL 2: _____ VL 3: _____

Gewicht von: WK(1)_____ MA(3)_____ PEA(2) 1:100

_____. Versuch mit ausgetauschten Düften

ZEIT	ABLAUF			BEMERKUNGEN
_____	**Begrüßung**			
	Überblick über Versuch			
	Aufklärungsbogen	**OK?**	ja	nein
	Allgemeine Informationen			
	Einverständniserklärung Neuroradiologie	**OK?**	ja	nein
	Einverständniserklärung Psychologie	**OK?**	ja	nein
	Geruchsfragebogen	**OK?**	ja	nein
	Händigkeitsfragebogen	**OK?**	ja	nein
	SIAS _____	**OK?**	ja	nein
	MRI-FSS / STAI X2	**OK?**	ja	nein
	MRT-Tauglichkeits-Checkliste	**OK?**	ja	nein
	Instruktionen			
_____	**Geruchsdetektion mit Körpergeruch / PEA (je 3 s)**			

Trialnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Geruch	1	3	1	3	1	1	1	1	3	1	1	**2**	1	**2**	1	**2**	1	1

MA detektiert? ja nein
PEA detektiert ? **OK?** ja nein

_____ **Subjektive Einschätzung von Düften 1-3 (jeder Duft 2 x 3 s)**
Angenehm, unangenehm, intensiv, bekannt + offene Beschreibung / SAM, Basisemotionen

Trialnummer	1	2	3	4	5	6
Geruch	1	1	2	2	3	3

_____ **Anatomische Bilder**

Funktionelle Bilder:

_____ **Run 1**

_____ **Run 2**

_____ **Run 3**

Ende

ZEIT insgesamt: _____Stunden und _____Minuten

Universität Kiel
Klinik für Neurochirurgie
Leiter: Prof. Dr. med. H.M. Mehdorn
Sektion Neuroradiologie
Leiter: Prof. Dr. med. Olav Jansen
Weimarer Str. 8, 24106 Kiel
Institut für Psychologie
Projektleiterin : Prof. Dr. rer. nat. B.M. Pause
Olshausenstraße 62, 24098 Kiel

Aufklärungsbogen

Sehr geehrte / r Versuchsteilnehmer / in,

Bei Ihnen soll heute eine funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI) durchgeführt werden. Dazu werden Sie – wie bei einer Kernspintomographie zur Diagnostik – gelagert und Ihr Kopf wird stabilisiert werden, um es Ihnen zu erleichtern den Kopf in derselben Position zu halten. Bitte beachten Sie, dass sobald die Untersuchung begonnen wurde, die Kopfposition nicht mehr verändert werden darf. Achten Sie darauf, dass Sie möglichst bequem liegen.

Bei Ihnen soll eine fMRI-Studie zur Untersuchung der Wahrnehmung von Körpergerüchen durchgeführt werden.

Sie selbst werden von der Untersuchung nichts merken, abgesehen von den sonst auch vorhandenen Geräuschen des Gerätes. Zu bestimmten Zeitpunkten, die Ihnen der Versuchsleiter erklären wird, werden Sie verschiedene Körpergerüche riechen. Dadurch können wir – nach entsprechender Nachverarbeitung der Daten – die Bereiche sichtbar machen, die für die von Ihnen empfundenen Eindrücken verantwortlich sind.

Ablauf der Untersuchung:
Zunächst werden konventionelle MRT-Bilder erhoben. Sie dienen uns zur Orientierung und Auswahl der Schichten für die eigentliche Untersuchung. Daneben ermöglichen sie uns einen Vergleich zwischen unterschiedlichen untersuchten Personen.
Bei der eigentlichen Untersuchung wechseln sich Ruhephasen mit Phasen ab, in denen eine Geruchseinschätzung von Ihnen durchgeführt werden soll. Diese werden z.T.
durch den Versuchsleiter zusätzlich über Start- und Stopkommandos angesagt. Zwischen den einzelnen Messungen entstehen Pausen, in denen der Computer die erhobenen Daten rekonstruiert. Art und Anzahl der jeweiligen Messungen resultieren aus der Fragestellung.

Bei dieser Untersuchung handelt es sich um ein neues Verfahren, das noch nicht für die klinische Routine zugelassen ist. Daher verpflichtet uns der Gesetzgeber, Sie über alle Schritte aufzuklären und Ihre Einverständnis schriftlich zu dokumentieren, nachdem Sie alle Fragen stellen durften. Wir erwarten uns von dieser Studie mehr über das Gehirn zu lernen und Denkprozesse eines Tages verstehen zu können. Sie selbst werden von den Ergebnissen der Untersuchung vielleicht noch nicht profitieren, je größer jedoch der Kenntnisstand der Hirnforschung wird, um so eher können Krankheiten unter Berücksichtigung dieser Kenntnisse schneller erkannt und besser therapiert werden.

Bei der Untersuchung wird mit starken Magnetfeldern gearbeitet. Diese Magnetfelder haben nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft **keine** unmittelbaren Störungen oder Langzeitschäden Ihrer Gesundheit zur Folge.

Dennoch müssen die Teilnehmer alle Metallteile von sich legen, **bevor** Sie den Magnetraum betreten. Patienten mit einem **Herzschrittmacher** oder anderen magnetischen Stimulatoren **dürfen nicht teilnehmen!** Sofern Sie Metallteile im Körper haben (Splitter, Operationsclips, Körperschmuck z.B. Piercing, o.ä.) müssen Sie dies mit Ihrem Arzt besprechen. Metallteile können sich bei dieser Untersuchung erwärmen, es kann Strom durch sie fließen und Schrittmacher können verstellt oder zerstört werden. **Schwangere** Patientinnen dürfen ebenfalls **nicht teilnehmen**, auch wenn ein Schaden für das ungeborene Kind bisher nicht dokumentiert wurde.

Röntgenstrahlen werden **nicht** verwendet.
Die Gabe eines Kontrastmittels ist für die Studie **nicht notwendig**.
Die Untersuchung dauert ca. 2 Stunden.

Bei Probanden kann durch diese Untersuchung eine krankhafte Veränderung gefunden werden, die Ihr weiteres Leben beeinflussen und weitere medizinische Konsequenzen zur Folge haben kann. Wir können vorher nicht ausschließen, dass eine derartige Störung bei Ihnen vorliegt und sind verpflichtet, Sie darüber nach der Untersuchung in Kenntnis zu setzen.

Risiken bei der Teilnahme dieser Studie sind nicht bekannt und auch nicht zu befürchten.

Ihre Teilnahme ist **freiwillig**. Sollten Sie nicht teilnehmen wollen, hat dies **keine** Konsequenzen für Ihre weitere Therapie und Behandlung. Sofern Sie zustimmen, können Sie **zu jedem Zeitpunkt** ohne Angabe von Gründen Ihr **Einverständnis zurückziehen**.
Ihre Daten und Ergebnisse werden **anonymisiert**, d.h. verschlüsselt dokumentiert und nur den Sie untersuchenden Ärzten **zur wissenschaftlichen Auswertung und Veröffentlichung** zur Verfügung stehen. Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden **strikt vertraulich** gemäß dem **Datenschutz** behandelt.

Ergänzende Fragen beim Aufklärungsgespräch:

Tragen Sie einen Herzschrittmacher oder andere magnetischen Stimulatoren?
☐ ja ☐ nein
Befinden sich Metallteile in Ihrem Körper (einschl. Operationsclips, Splitter,etc.)?
☐ ja ☐ nein
Könnten Sie schwanger sein?
☐ ja ☐ nein ☐ vielleicht
☐ weitere Fragen / Bemerkungen zum Aufklärungsgespräch:

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme an dieser Studie und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse. Eine Kopie der Einwilligung und eine Kopie dieser Patienteninformation habe ich erhalten.

_____ _____
(Unterschrift der Probandin / des Probanden) Datum

_____/_____ _____
(Unterschrift des Psychologen und Zeugen) Datum

Universität Kiel
Klinik für Neurochirurgie
Leiter: Prof. Dr. med. H.M. Mehdorn
Sektion Neuroradiologie
Leiter: Prof. Dr. med. Olav Jansen
Weimarer Str. 8, 24106 Kiel
Institut für Psychologie
Projektleiterin : Prof. Dr. rer. nat. B.M. Pause
Olshausenstraße 62, 24098 Kiel

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Teilnahme an der Studie zur Lokalisierung funktioneller kortikaler Areale mittels fMRI:
Wahrnehmung von Körpergerüchen

_____
(Vor- und Nachname)

_____
(Anschrift)

Ich bin ausreichend in mündlicher und schriftlicher Form über die Ziele und Methoden, die möglichen Risiken und den Nutzen der Studie informiert worden. Ich habe den Aufklärungsbogen gelesen und den Inhalt verstanden.

Ich hatte ausreichend Gelegenheit, die Studie mit dem Versuchsleiter zu besprechen und Fragen zu stellen. Alle meine Fragen und Bedenken wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich weiß, dass meine Studienteilnahme freiwillig ist und dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen meine Zusage zur Teilnahme zurückziehen kann und mir daraus keine Nachteile entstehen.

Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden strikt vertraulich gemäß dem Datenschutz behandelt. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu.

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme an dieser Studie. Eine Kopie dieser Einwilligung und eine Kopie der Probandeninformationen habe ich erhalten.

_____ _____
(Unterschrift der Probandin / des Probanden) Datum

_____ _____
(Unterschrift des Psychologen) Datum

Ergänzende Einverständniserklärung: Körpergeruch_fMRT_1

Vpn-Nr.: (Bleistift)

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Ergänzende Einverständniserklärung

Hiermit bestätige ich die freiwillige Teilnahme an einer Untersuchung, bei der mir menschliche Körpergerüche dargeboten werden. Ich habe die schriftlichen "Allgemeinen Informationen zum Versuch" gelesen und meine Fragen wurden ausreichend beantwortet.

Ich bin damit einverstanden, dass Herr Dipl.-Psych. Prehn die Untersuchung mit mir durchführt. Sollten aufgrund der Daten der Verdacht entstehen, dass ich an einer krankhaften Veränderung des Gehirnes leide, bin ich damit einverstanden, dass Herr Dipl.-Psych. Prehn mich an einen Arzt der Abteilung für Neuroradiologie verweist. Eine Behandlung oder medizinische Beratung durch Herrn Dipl.-Psych. Prehn findet nicht statt.

Ich bin damit einverstanden, dass im Rahmen der Studie meine Daten (Alter, Geschlecht, Einschätzungen, Reaktionen etc.) aufgezeichnet und anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) zur Auswertung der Ergebnisse verwendet werden.

Ich erkläre hiermit ausdrücklich, dass keines der Ausschlusskriterien, welche in den „Allgemeinen Informationen zum Versuch" aufgeführt wurden, auf mich zutrifft, dass ich mich körperlich gesund fühle und in der Lage sehe, an dieser Untersuchung teilzunehmen. Weiterhin bestätige ich, dass meine Riechfähigkeit heute nicht eingeschränkt ist. Darüber hinaus verpflichte ich mich zur wahrheitsgemäßen Beantwortung der gestellten Fragen während der gesamten Untersuchung.

Name: _____

Anschrift: _____

Tel.-Nr. (freiwillig): _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Im Folgenden werden Sie darüber informiert, worauf Sie vor, während und nach dem Scannvorgang achten sollen.

Versuchsinstruktionen I

Vor dem Scanvorgang

1. Geruchsdetektion

Über eine Atemmaske werden Ihnen Beispielgerüche dargeboten. Dabei werden Ihnen in insgesamt 6 Durchgängen jeweils 3 Gerüche präsentiert. Geben Sie nach jedem Durchgang an, welcher der drei Gerüche für Sie am stärksten gerochen hat. Über einen Bildschirm erhalten Sie die Instruktionen zum Einatmen.

Die visuellen Hinweise bezüglich des Einatmens stehen aus

a) Ankündigung: ein kleiner werdender Kreis symbolisiert die Zeit vor der Einatmung (ca. 3 s)
b) Einatmung: ein größer werdender Kreis soll Ihre Einatmung symbolisieren – atmen Sie so lange ein, bis der Kreis die Kugel ganz ausgefüllt hat – somit werden Sie für ca. 3 s einatmen. Atmen Sie nicht zu schnell zu tief ein! **Atmen Sie entspannt und ohne Anstrengung kontinuierlich ein.**

Achten Sie beim instruierten Einatmen darauf, ob Sie aktuell einen Geruch wahrnehmen oder nicht. Nachdem der Kreis verschwunden ist, atmen Sie aus.

2. Geruchsbeschreibung

Im Anschluss hieran werden Ihnen weiterhin über die Atemmaske 3 Beispielgerüche dargeboten. Hier werden Sie gebeten, die Gerüche anhand des „Fragebogen zur Geruchsbeschreibung" zu beurteilen. Jeder Geruch wird insgesamt 2x für jeweils 3s dargeboten werden (für jeden Teil des Fragebogens eine Geruchspräsentation). Auch hier erfolgt die Instruktion zur Einatmung wieder über den Bildschirm.

Dieser Versuchsteil wird ca. 15 Minuten in Anspruch nehmen.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
PD Dr. habil. B. Pause

Versuchsinstruktionen II

Für den Scanvorgang

Sicherheitshinweise:

Während des gesamten Scanvorgangs werden Sie von den Versuchsleitern durch eine **Sichtscheibe** und ein **Mikrofon** überwacht. Über das Mikrofon können Sie jederzeit bei Bedarf Kontakt mit den Versuchsleitern aufnehmen, sowie auch diese mit Ihnen über **Kopfhörer** kommunizieren können. Bei dieser Art von Überwachung findet keine Aufzeichnung statt, sie dient lediglich Ihrer Sicherheit. Außerdem wird Ihnen in Handnähe ein **Alarmknopf** an die Kleidung geheftet. Diesen können Sie im Bedarfsfall drücken und es wird umgehend mit Ihnen Kontakt aufgenommen.

1. Vorbereitung:

Für den Scanvorgang nehmen Sie auf der Liege Platz. Ihnen werden eine **Atemmaske** zur Darbietung der Gerüche sowie ein **Kopfhörer** zur Kommunikation und Schallreduzierung übergezogen. Zudem wird Ihnen ein **Atemgürtel** umgelegt, mit dessen Hilfe wir Ihre Atemtätigkeit erfassen können. Bitte überprüfen Sie für sich, ob Sie auch tatsächlich angenehm liegen. Schon kleine Unannehmlichkeiten in der Liegeposition oder beim Tragen der Maske/Kopfhörer können mit der Zeit als sehr störend empfunden werden. Bitte entspannen Sie sich und finden Sie eine für Sie komfortable Liegeposition sowie eine angenehme Trageposition der Maske. **Diese Liege- als auch Trageposition sollten Sie dann über den gesamten Scanvorgang hinweg beibehalten.**

Nachdem Sie eine angenehme Position gefunden haben, wird Ihnen eine Vorrichtung (eine Art Ritterhelm) über den Kopf gefahren, an welchem ein Monitor angebracht ist. Zusammen mit dieser Kopfvorrichtung werden Sie bis lediglich bis zum Oberkörper in den Scanner gefahren.

2. Aufzeichnung I

Zunächst werden anatomische Bilder aufgezeichnet – sie dienen später der Orientierung. Dieser Vorgang dauert ungefähr **5 min**. Dabei werden Sie **laute, unterschiedliche Geräusche** des Scanners hören.

3. Aufzeichnung II

Nach der anatomischen Aufzeichnungssequenz melden wir uns über Kopfhörer wieder und es beginnt der Teil des Versuchs, währenddessen Ihnen die Gerüche präsentiert werden.

Über einen Bildschirm erhalten sie Hinweise zum Einatmen sowie die Aufforderung anzugeben, ob sie während des vorgegebenen Einatmens etwas gerochen haben oder nicht.

Einatmen

Die Hinweise bezüglich der Einatmung entsprechen denen, welche Sie im ersten Versuchsteil kennen gelernt haben. Achten Sie beim instruierten Einatmen darauf, ob Sie aktuell einen Geruch wahrnehmen oder nicht.

Urteil abgeben
Nach jeder instruierten Einatmung werden Sie gebeten, mittels Maus anzugeben, ob Sie während der vorgegebenen Einatmung einen Geruch wahrgenommen haben oder nicht. Hierzu erscheint nach einem bestimmten Zeitintervall auf den Bildschirm ein **Fragezeichen.**
Wenn Sie einen Geruch wahrgenommen haben, drücken Sie bitte nach Erscheinen des Fragezeichens mit dem **Zeigefinger auf die linke Maustaste.**
Wenn Sie keinen Geruch wahrgenommen haben, drücken Sie bitte stattdessen mit dem **Mittelfinger auf die rechte Maustaste.**
Nachdem das Fragezeichen erschienen ist, haben Sie 3 s Zeit, Ihr Urteil abzugeben. Unmittelbar nachdem Sie ein Urteil abgegeben haben verschwindet das Fragezeichen. Falls Sie einmal aus Versehen kein Urteil abgegeben haben sollten, verschwindet das Fragezeichen nach Ablauf der 3 s von selber und es erscheint ein **Ausrufezeichen**. Es sollte aber in jedem Fall ein Urteil abgegeben werden.

Achtung: Es könnte sein, dass Sie während der gesamten Zeit nur wenige oder gar keine Gerüche wahrnehmen. Machen Sie dies durch Ihr Urteil deutlich!

Im Anschluss an die Abgabe Ihres Urteils wiederholt sich der beschriebene Vorgang: Sie erhalten die Einatmungsinstruktion und werden dann gebeten zu beurteilen, ob Sie während der aktuellen Einatmung ein Geruch wahrgenommen haben oder nicht.

Dieser Teil der Aufzeichnung dauert 3 x ca. 11 min mit jeweils einer kurzen Pause zwischen den einzelnen Versuchsabschnitten.

Während dieses Versuchabschnittes werden die Aktivierungsbilder Ihres Gehirns aufgezeichnet. Dabei werden Sie ein **lautes, helles und klopfendes Scannergeräusch** hören.

Hier sind Ihre Aufgaben, auf die Sie während des Scanvorgangs achten sollen, noch einmal zusammengefasst:

- bleiben Sie über den **gesamten** Versuch hinweg ruhig und entspannt liegen
- Achten Sie auf den Bildschirm
- Wenn Sie den kleiner werdenden Kreis sehen (3 s), bereiten Sie sich auf eine 3-sekündige Einatmung vor
- Atmen Sie in der Zeit während der Kreis größer wird **ruhig und entspannt** ein und achten Sie darauf, ob Sie einen Geruch wahrnehmen
- Wenn Sie auf dem Bildschirm ein Fragezeichen sehen, geben Sie mit Hilfe der Maustasten Rückmeldung, ob Sie im aktuell vorgegebenen Einatmungsintervall einen Geruch wahrgenommen haben oder nicht: Haben Sie einen Geruch wahrgenommen, so drücken Sie mit dem **Zeigefinger** auf die **linke** Maustaste; haben Sie keinen Geruch wahrgenommen, drücken Sie mit dem **Mittelfinger** auf die **rechte** Maustaste

Nach dem Scanvorgang

Nachdem der Scanvorgang abgeschlossen ist, melden wir uns über Kopfhörer wieder und kündigen das Ende des Scanvorgangs an. Bitte bleiben Sie solange ruhig liegen, bis Sie aus dem Scanner gefahren worden sind.

SIAS-Fragebogen Vp: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

SIAS-Fragebogen

interne Arbeitsgruppenversion (Pause et al., 2004)
Institut für Psychologie, CAU Kiel
(nach Stangier, Heidenreich, Beradi, Golbs & Hoyer, 1999)



Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Bitte geben Sie bei den folgenden Aussagen an, in welchem Ausmaß diese auf Sie zutreffen. Kreuzen Sie möglichst bei jeder Frage eine Zahl an. Dabei bedeutet: 0 = *überhaupt nicht* zutreffend, 1 = *ein wenig* zutreffend, 2 = *ziemlich* zutreffend, 3 = *stark* zutreffend, 4 = *sehr stark* zutreffend.

	überhaupt nicht zutreffend	*ein wenig* zutreffend	*ziemlich* zutreffend	*stark* zutreffend	*sehr stark* zutreffend
1. Ich werde nervös, wenn ich mit einer Autoritätsperson (Lehrer, Vorgesetzter) sprechen muss.	0	1	2	3	4
2. Ich habe Schwierigkeiten, Blickkontakt mit anderen herzustellen.	0	1	2	3	4
3. Ich werde angespannt, wenn ich über mich oder meine Gefühle sprechen muss.	0	1	2	3	4
4. Ich finde es schwierig, mich im Umgang mit Leuten, mit denen ich zusammenarbeite, wohlzufühlen.	0	1	2	3	4
5. Mir fällt es leicht, Freunde in meinem Alter zu finden.	0	1	2	3	4
6. Ich werde angespannt, wenn ich einen Bekannten auf der Straße treffe.	0	1	2	3	4
7. Wenn ich mit anderen zusammen bin, fühle ich mich unwohl.	0	1	2	3	4
8. Ich fühle mich angespannt, wenn ich mit einer Person alleine zusammen bin.	0	1	2	3	4
9. Ich fühle mich wohl, wenn ich Leute bei Parties usw. kennen lerne.	0	1	2	3	4
10. Es fällt mir schwer, mich mit anderen Leuten zu unterhalten.	0	1	2	3	4
11. Mir fallen leicht Dinge ein, über die man reden kann.	0	1	2	3	4
12. Ich mache mir Sorgen, dass ich durch meine Äußerungen ungeschickt erscheinen könnte.	0	1	2	3	4
13. Mir fällt es schwer, einen anderen Standpunkt als andere zu vertreten.	0	1	2	3	4
14. Ich finde es schwierig, mit einer attraktiven Person des anderen Geschlechts zu reden.	0	1	2	3	4
15. Es kommt vor, dass ich mir darüber Sorgen mache, in sozialen Situationen nicht zu wissen, was ich sagen könnte.	0	1	2	3	4
16. Ich bin nervös, wenn ich Leute treffe, die ich nicht gut kenne.	0	1	2	3	4
17. Ich glaube immer, dass ich beim Reden etwas Peinliches sagen könnte.	0	1	2	3	4
18. Wenn ich zu einer Gruppe dazukomme, mache ich mir Sorgen, dass ich ignoriert werden könnte.	0	1	2	3	4
19. Ich fühle mich angespannt, wenn ich zu einer Gruppe dazukomme.	0	1	2	3	4
20. Ich bin unsicher, ob ich jemanden grüßen soll, den ich nur oberflächlich kenne.	0	1	2	3	4

MRI-FSS: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Die Begriffe in diesem Fragebogen beziehen sich auf Dinge und Erfahrungen, welche Angst oder andere unangenehme Gefühle verursachen können. Beschreiben Sie für jeden Begriff, wie sehr Sie sich im Allgemeinen davon beunruhigt fühlen, indem sie in der jeweiligen Reihe das entsprechende Feld ankreuzen.

	gar nicht	ein wenig	mittelmäßig	viel	sehr viel
1. Staubsaugerlärm					
2. Alleine sein					
3. Laute Geräusche					
4. Donner					
5. Sirenen					
6. Plötzliche Geräusche					
7. Fahrstuhl fahren					
8. Enge geschlossene Räume					
9. Flugzeuge					
10. Reisen in einem Flugzeug					

Händigkeitsfragebogen: Körpergeruch_fMRT_1

Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Mit welcher Hand …	*links* immer	*links* meist	*rechts* immer	*rechts* meist
1. … schreiben Sie einen Brief (lesbar)?	O	O	O	O
2. … werfen Sie einen Ball?	O	O	O	O
3. … halten Sie einen Schläger?	O	O	O	O
4. … schlagen Sie mit einem Hammer?	O	O	O	O
5. … zünden Sie ein Streichholz an?	O	O	O	O
6. … putzen Sie sich die Zähne?	O	O	O	O

7. Sind Sie von „links“ auf „rechts“ umtrainiert worden?	ja	O	nein	O

MR-Tauglichkeits-Chekliste; Körpergeruch_fMRT_1

Vpn-Nr.:
(Bleistift)

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

MRT-Tauglichkeits-Checkliste

Vor dem Betreten des Scanner-Raums ausfüllen und unterschreiben!

Die folgenden Dinge können bei MRT-Untersuchungen gefährlich sein oder die Untersuchung durch Artefakte stören.

Bitte geben Sie an, wenn sich eines der Dinge in oder an ihrem Körper befindet:

Im/am Körper		
Ringe (z.B. an Fingern oder Zehen)	ja	nein
Ketten (z.B. an Hals, Arm oder Fußgelenk)	ja	nein
Piercing (z.B. im Gesicht, an der Zunge, am Ohr)	ja	nein
Intimschmuck (z.B. an den Brustwarzen, an den Genitalien)	ja	nein
Aufgeklebter Schmuck (z.B. Sternchen, Glitter)	ja	nein
Angeklemmter Schmuck (z.B. Ohrklips)	ja	nein
Uhren	ja	nein
Sonstiger Schmuck	ja	nein
Metallhaltiges make-up (eye liner)	ja	nein
Metallhaltiges Permanent-make-up (eye liner)	ja	nein
Metallhaltige Tattoos	ja	nein
Sonstige metallhaltige Kosmetika	ja	nein
In/an der Kleidung	ja	nein
Lose Metallteile (Münze, Büroklammer, Feuerzeug, Messer)	ja	nein
Schlüssel, Schlüsselketten, Schlüsselringe	ja	nein
Große Metallteile an der Kleidung	ja	nein
Keditkarten, Smartcards, sonstige Karten	ja	nein
Handy	ja	nein
Sonstige Metallteile, Speichermedien oder Elektronik	ja	nein

Bitte geben Sie an, wenn sich eines der Dinge in oder an ihrem Körper befindet:

Medizinische Geräte, Hilfsmittel usw.		
Herzschrittmacher	ja	nein
Herz-Defibrillator	ja	nein
Neurostimulator	ja	nein
Sonstige Biostimulatoren	ja	nein
Insulinpumpe	ja	nein
Implantierte Medikamentenpumpe	ja	nein
Implantierte Elektroden oder Kabel	ja	nein
Katheter	ja	nein
Hörgerät	ja	nein
Cochlearimplantat	ja	nein
Künstliche Herzklappe	ja	nein
Aneurysma Klip	ja	nein
Gefäßimplantate (z.B. Stents, Filter, Gefäßersatz)	ja	nein
Penisprothesen	ja	nein
Augenprothesen	ja	nein
Künstliche Gliedmaßen	ja	nein
Sonstige Prothesen	ja	nein
Zahnprothesen, Zahnspangen	ja	nein
Zahnmedizinische Metallimplantate	ja	nein
Intrauterin Pessar	ja	nein
Pessar	ja	nein
Nägel, Schrauben, Klips, Platten, Drähte	ja	nein
Metallsplitter, Bombensplitter, Kugeln	ja	nein
Sonstige Metallteile oder Implantate	ja	nein

Besprechungsnotizen:

Ich bestätige, dass ich alle Angaben nach bestem Wissen gemacht habe. Ich habe das ganze Formular (2 Seiten) gelesen und verstanden und hatte Gelegenheit, Fragen zu den Inhalten dieses Formulars zu stellen.

Datum:

Unterschrift Proband:_____ Unterschrift MR-Bediener:_____

Fragebogen zur Geruchsbeschreibung

Im Folgenden finden Sie Fragebögen, anhand welcher Sie die dargebotenen Gerüche beschreiben können.

Der erste Fragebogen besteht aus vier Skalen, die jeweils nach der wahrgenommenen Intensität, der Angenehmheit, der Unangenehmheit und der Bekanntheit der Gerüche fragen.

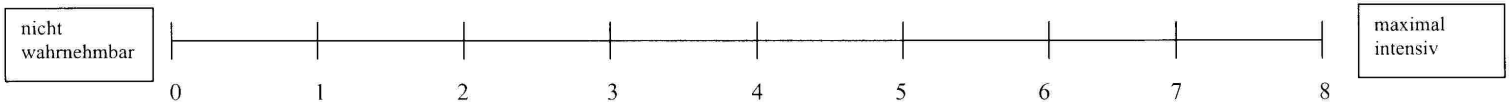
Mit Hilfe des zweiten Fragbogens lassen sich Gerüche hinsichtlich ihrer Qualität einordnen.

Die darauf folgenden beiden Fragebögen dienen der Erfassung Ihrer emotionalen Befindlichkeit, wie sie durch die dargebotenen Gerüche beeinflusst wird.

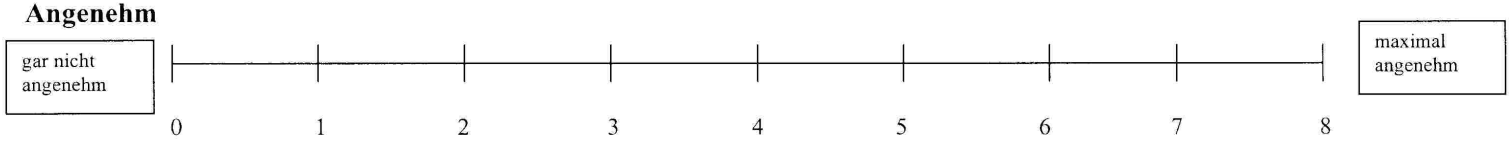
VP-Nummer:	Datum:	W	P	K

Hier sehen Sie 4 Skalen, mit welchen sich Gerüche hinsichtlich ihrer Intensität, Angenehmheit, Unangenehmheit und Bekanntheit beschreiben lassen. Dabei reicht jede Skala von den Extremwerten 0 („nicht wahrnehmbar, bzw. gar nicht angenehmen usw.) bis zu 8 („maximal intensiv, maximal angenehm usw.). Bitte kreuzen Sie auf jeder der nachfolgenden 4 Skalen **diejenige Zahl** an, welche Ihrer Meinung nach Ihre Einschätzung des Geruchs am besten entspricht.

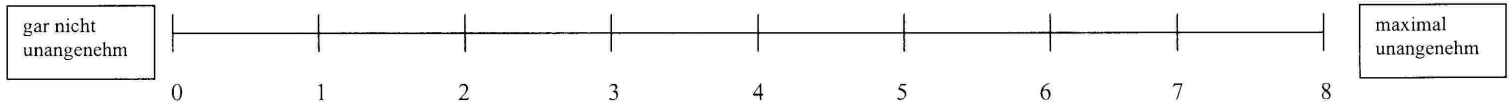
Intensität



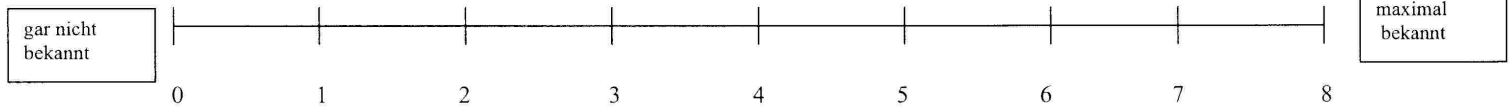
Angenehm



Unangenehm



Bekanntheit



VP-Nummer:	Datum:	W	P	K

Im Folgenden sind 6 verschiedene Duftkategorien aufgeführt. Bitte kreuzen Sie diejenige Kategorie an, welche Ihrer Meinung nach den aktuell gerochenen Geruch am besten beschreibt.
Bitte beachten Sie: Kreuzen Sie **nur eine** Kategorie an. Entscheiden Sie sich spontan. Wenn Sie nicht sicher sind, ob Sie einen Geruch wahrgenommen haben, raten Sie und kreuzen trotzdem eine Kategorie an.

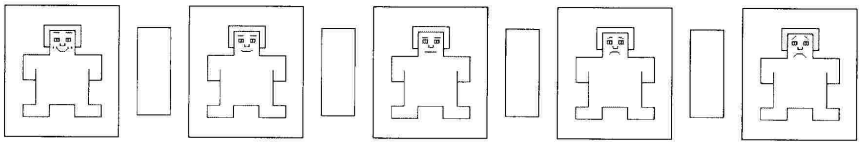
Der Duft riecht:

blumig	☐
brenzlig	☐
harzig	☐
würzig	☐
faulig	☐
fruchtig	☐

Erklärungen zum SAM-Fragebogen

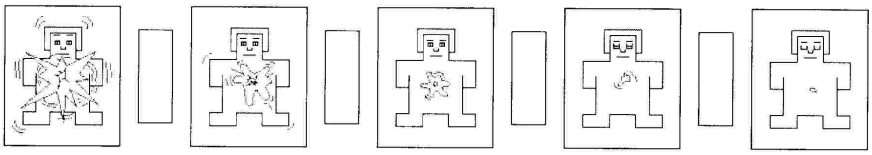
Im Folgenden sehen Sie 3 Sätze von je 5 Figuren. Wir nennen diese Figur **SAM**. Sie können diese Figuren verwenden um darzustellen, wie Sie fühlen. SAM zeigt drei verschiedene Arten von Gefühlen: **glücklich vs. unglücklich**, **erregt vs. ruhig** und **fremdbestimmt/unterlegen vs. selbstbestimmt/dominant**. Jede SAM-Figur variiert entlang jeder Skala.

In diesem Fragebogen ist die **glücklich vs. unglücklich Skala** die erste SAM-Skala, die sich von einem lächelnden Gesicht bis zu einem Ausdruck des Missfallens erstreckt.



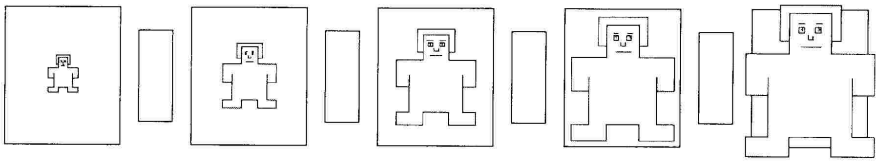
Am linken Extrem der **glücklich vs. unglücklich Skala** fühlen Sie sich **völlig glücklich, erfreut, zufrieden, optimistisch**. Wenn Sie sich vollkommen glücklich fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz links setzen. Am rechten Ende der Skala fühlen Sie sich **völlig unglücklich, genervt, unzufrieden, traurig, verzweifelt**. Wenn Sie sich vollkommen unglücklich fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz rechts setzen Die Figuren erlauben Ihnen auch dazwischen liegende Gefühlszustände darzustellen, in dem Sie ein „X" auf eines der anderen Bilder setzen. Wenn Sie sich vollkommen neutral, also weder glücklich noch traurig fühlen, setzen Sie ein „X" über die Figur in der Mitte. Falls Ihrer Beurteilung nach ihr Gefühlszustand *zwischen* zwei der Bilder fällt, dann setzen Sie ein „X" zwischen die Figuren.

Die zweite SAM-Skala ist die **erregt vs. ruhig Skala**.



Am linken Extrem dieser Skala fühlen Sie sich **völlig angeregt, rasend, nervös, hellwach, erregt**. Wenn Sie sich vollkommen erregt fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz links setzen. Am rechten Ende der Skala fühlen Sie sich **völlig entspannt, ruhig, schwerfällig, träge, schläfrig, unerregt**. Wenn Sie sich vollkommen ruhig fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz rechts setzen. Wie bei der glücklich vs. unglücklich Skala erlauben die Figuren Ihnen wieder auch dazwischen liegende Gefühlszustände darzustellen, in dem Sie ein „X" auf eines der anderen Kästchen setzen. Wenn Sie sich vollkommen neutral, also nicht in irgendeiner Weise erregt oder ruhig fühlen, setzen Sie ein „X" auf die Figur in der Mitte.

Die letzte Skala in diesem Fragebogen ist die **fremdbestimmt/unterlegen vs. selbstbestimmt/dominant Skala**.



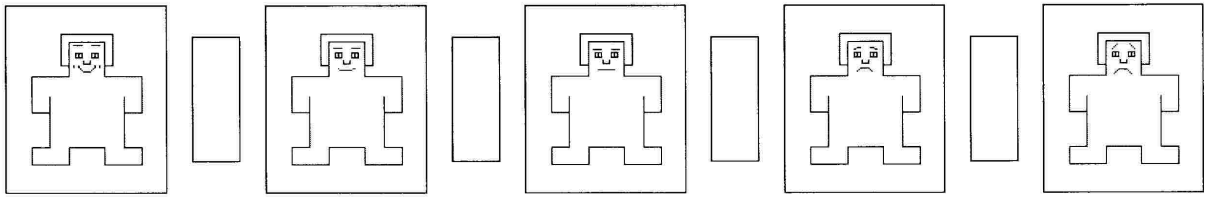
Am linken Extrem dieser Skala fühlen Sie sich **völlig fremdbestimmt, beeinflusst, umsorgt, eingeschüchtert, geführt, unterlegen**. Wenn Sie sich vollkommen fremdbestimmt/unterlegen fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz links setzen. Am rechten Ende der Skala fühlen Sie sich **völlig einflussreich, alles unter Kontrolle habend, selbstbestimmt, bedeutsam, dominant, autonom**. Wenn Sie sich vollkommen selbstbestimmt/dominant fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz rechts setzen. Auch bei dieser Skala lassen sich durch die Figuren dazwischen liegende Gefühlszustände darstellen

VP-Nummer:	Datum:	W	P	K

SAM-Fragebogen

Bitte kreuzen Sie in jeder Reihe die Figur an, die am besten darstellt, wie Sie sich fühlen, wenn Sie den Geruch riechen.

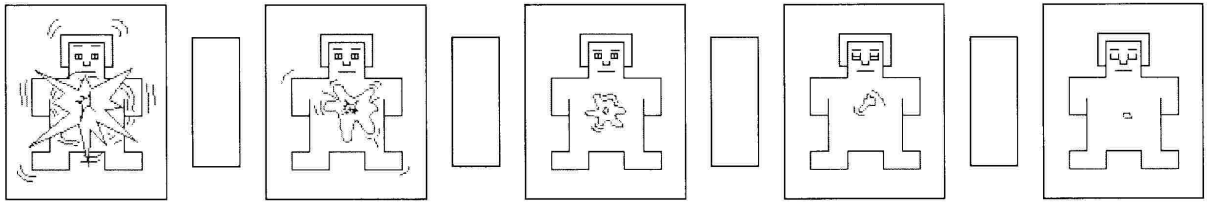
völlig
glücklich
erfreut
zufrieden
optimistisch



völlig
unglücklich
genervt
unzufrieden
traurig
verzweifelt

neutral

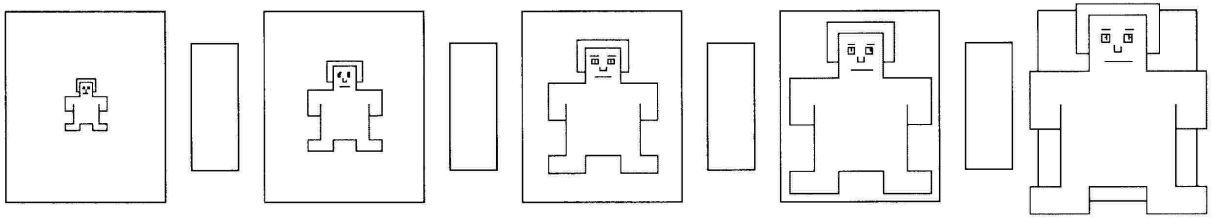
völlig
angeregt
rasend
nervös
hellwach
erregt



völlig
entspannt
ruhig
schwerfällig
träge
schläfrig
unerregt

neutral

völlig
fremdbestimmt
beeinflusst
umsorg
eingeschüchtert
geführt
unterlegen



völlig
einflussreich
alles unter Kontrolle
selbstbestimmt
bedeutsam
dominant
autonom

neutral

VP-Nummer:	Datum:	W	P	K

Dieser Teil setzt sich aus Skalen zusammen, die Ihre augenblickliche emotionale Befindlichkeit entlang 6 verschiedener Grundemotionen erfasst. Jede Skala reicht von „trifft gar nicht zu“ bis zu „trifft völlig zu“, womit diese Werte die Extreme der jeweiligen Emotion darstellen. Bitte geben Sie durch einen senkrechten Strich auf jeder der Skalen, wie stark Sie die jeweilige Emotion im Augenblick des Riechens des Geruchs erlebt haben.

Freude



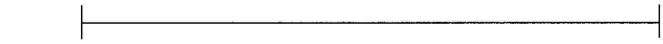
trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Ärger



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Traurigkeit



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Angst/Furcht



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Überraschung



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

Ekel



trifft gar nicht zu — trifft völlig zu

-

Fragebogen zur Selbstbeschreibung STAI-G Form X1: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie sich **während der Aufnahmezeit** gefühlt haben. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die Ihren Gefühlszustand **während der Aufnahmezeit** am besten beschreibt.	ÜBERHAUPT NICHT	EIN WENIG	ZIEMLICH	SEHR
1. Ich war ruhig	1	2	3	4
2. Ich fühlte mich geborgen	1	2	3	4
3. Ich fühlte mich angespannt	1	2	3	4
4. Ich war bekümmert	1	2	3	4
5. Ich war aufgelöst	1	2	3	4
6. Ich war aufgeregt	1	2	3	4
7. Ich war besorgt, dass etwas schief gehen könnte	1	2	3	4
8. Ich fühlte mich ausgeruht	1	2	3	4
9. Ich war beunruhigt	1	2	3	4
10. Ich fühlte mich wohl	1	2	3	4
11. Ich fühlte mich selbstsicher	1	2	3	4
12. Ich war nervös	1	2	3	4
13. Ich war zappelig	1	2	3	4
14. Ich war verkrampft	1	2	3	4
15. Ich war entspannt	1	2	3	4
16. Ich war zufrieden	1	2	3	4
17. Ich war besorgt	1	2	3	4
18. Ich war überreizt	1	2	3	4
19. Ich war froh	1	2	3	4
20. Ich war vergnügt	1	2	3	4

Geruchsfragebogen: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
Prof. Dr. B.M. Pause

Durch die Beantwortung der folgenden Fragen können wir einige – für die Untersuchung relevante – Aspekte Ihres aktuellen physiologischen Zustandes erfassen. Bitte beantworten Sie alle Fragen wahrheitsgetreu.

1. ***Wie lange haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?*** _____Stunden

2. ***Von wann bis wann haben Sie geschlafen?*** Von _____ Uhr bis _____ Uhr

3. ***Wann haben Sie heute zum letzten Mal etwas gegessen?***
Ich habe heute meine letzte (Zwischen-) Mahlzeit vor etwa _____ Stunden zu mir genommen.

4. ***Leiden Sie an einer akuten Erkrankung?***

Nein ☐ Ja ☐

Falls **Ja**, bitte beschreiben Sie die Erkrankung: _____

5. ***Haben Sie gestern oder heute Medikamente zu sich genommen?***
Falls **Ja**, bitte beschreiben Sie jeweils Art, Umfang und Grund der Medikamenteneinnahme

Gestern: ☐ Nein ☐ Ja _____

Heute: ☐ Nein ☐ Ja _____

6. ***Haben Sie gestern oder heute Alkohol und / oder Drogen zu sich genommen?***
Falls **Ja**, bitte beschreiben Sie die Art und den Umfang der Drogeneinnahme:

Gestern: ☐ Nein ☐ Ja _____

Heute: ☐ Nein ☐ Ja _____

7. ***Wie alt sind Sie?*** _____ Jahre

Nur für Frauen, Daten zum Menstruationszyklus:

8. ***Nehmen Sie die Pille?*** ☐ Nein ☐ Ja
Falls **Nein**, *wie lange schon nicht?* _____
Falls **Ja**, *wie ist der Name Ihrer Pille?* _____

9. ***Haben Sie einen regelmäßigen Zyklus?*** ☐ Nein ☐ Ja
Falls **Nein**, *warum nicht?* _____

10. ***Wie lange ist die durchschnittliche Dauer eines Zyklus?*** _____ Tage

11. ***Der wievielte Tag Ihres Zyklus ist heute?*** _____ Tag
(Beginn des Zyklus = 1. Tag der Menstruation)

12. ***Bis zu welchem Tag des Zyklus dauerte Ihre letzte Menstruation?*** Bis zum _____ Tag

Atmungsprototoll Vpn: **Körpergeruch_fMRT_1_Vorversuch**

Datum	Vp-Nr.

Run 1

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Geruch	1	2	4	1	2	4	2	1	4	1	4	2	4	1	2

Trial-Nr.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Geruch	4	1	2	1	4	2	4	2	1	4	2	1	4	1	2

Run 2

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Geruch	1	2	4	2	4	1	2	1	4	1	4	2	4	1	2

Trial-Nr.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Geruch	1	2	4	1	4	2	1	4	2	1	4	2	1	2	4

Run 3

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Geruch	2	4	1	2	4	1	4	2	1	2	1	4	2	4	1

Trial-Nr.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Geruch	4	1	2	4	2	1	2	1	4	1	2	4	1	2	4

Abfolge der chemosensorischen Reize

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Run 1	W	FA	MS	MA	FS	W	FS	MA	MS	FA	W	MA	FA	MS	FS	W	MA	FS	W	MS	FA	W	FA	MA	MS	FS
Run 2	W	MA	W	MS	FS	FA	FS	MA	MS	FA	W	FA	W	MS	MA	FS	MS	MA	W	FS	FA	W	FS	MS	FA	MA
Run 3	W	FS	MS	MA	FA	W	FA	MS	W	FS	MA	W	FS	MS	FA	MA	W	FA	MS	MA	FS	W	FS	MA	FA	MS
Run 4	W	MS	FS	W	MA	FS	W	MS	FA	W	FA	MA	MS	FS	FA	MS	MA	FS	W	FS	MA	MS	FA	W	MA	FA

W: Watte
MS: „Männer Sport“
MA: „Männer Sport“
FA: „Frauen Angst”
FS: „Frauen Sport

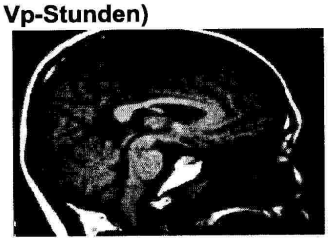
Zeitkoordination ISI und ITI

Variation der TR pro Reizklasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SRI in s	7,8	7,15	6,5	5,85	5,2	4,55	3,9	3,25	2,6	1,95
von 3250 ms	0,4	0,2	0	0,8	0,6	0,4	0,2	0	0,8	0,6
ITI in s	5,2	5,85	6,5	7,15	7,8	8,45	9,1	9,75	10,4	11,05
von 3250 ms	0,6	0,8	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0	0,2	0,4
Gesamtlänge in s	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Teilnehmer/-innen für eine fMRT-Studie gesucht

Für eine fMRT-Studie werden Probanden/innen gesucht, deren Hirnaktivität bei der Wahrnehmung von Körpergerüchen untersucht werden soll.

Wenn Du
- **rechtshändig,**
- **Nichtraucher,**
- **zwischen 18 und 40 Jahre alt,**
- **körperlich gesund bist,**
- **flexibel Zeit hast**
- **und Dir dabei 10 € verdienen möchtest (alternativ 2 Vp-Stunden)**



dann melde Dich bei

Dipl.-Psych. Alexander Prehn
Institut für Psychologie, Raum 337
Tel: 0431 – 880 2685
auch am Wochenende; bitte auf AB sprechen

Als Bonus erhältst Du eine CD mit anatomischen Darstellungen Deines Gehirns!

Tabelle 10-2: Übersicht über die Daten der männlichen Vpn im Hauptversuch

Vp-Nr.	Alter	SIAS	MRI-FSS	chron. Erkrank./Med.	Op. /Verletz. am Kopf o. Schädel o. i. Nasen-/ Rachen-raum	Ø Zyklus-dauer	Phase der Pille	Psych. Behdl.	Raucher	Ø Alk. pro Woche in Gläsern	Regelm. Drogen-konsum	akute Einnahme von Med.	akute Erkank.	Alk.-konsum am Tage vor Versuch in Gläsern	Tag des Zyklus am Versuchstag	Dauer der letzten Menstr.	Schlaf vor Versuch in h	Dauer des Versuchs in h; min
350	21	9	0	-	-	-	-	-	NR	1	-	-	-	-	-	-	7	2;00
351	21	8	0	-	-	-	-	-	NR	2	-	-	-	1	-	-	8,5	2;15
352	22	12	0	-	-	-	-	-	NR	6	-	-	-	-	-	-	7,5	1;45
354	22	1	0	Heus.	-	-	-	-	NR	4	-	-	-	-	-	-	9	2;24
355	25	8	0	-	-	-	-	-	NR	4	-	-	-	1	-	-	6	2;00
356	23	15	2	-	-	-	-	-	NR	1	-	-	-	-	-	-	8	1;52
357	22	15	0	Heus.	-	-	-	-	NR	1	-	1	1	-	-	-	4,5	2;00
358	30	7	0	-	-	-	-	-	NR	-	-	-	-	-	-	-	9	2;05
360	21	15	0	-	-	-	-	-	NR	4	-	-	-	-	-	-	7,5	2;15
363	22	3	0	-	-	-	-	-	NR	0,5	-	-	-	-	-	-	9	2;00
364	20	11	0	All.	-	-	-	-	GR	-	-	-	-	-	-	-	9	2;05
366	25	6	0	-	-	-	-	-	NR	4	-	-	-	1	-	-	10	2;03
368	21	10	0	-	-	-	-	-	NR	4	-	-	-	-	-	-	8	2;15
369	21	16	0	-	-	-	-	-	NR	2	-	-	-	-	-	-	7	2;03

Legende:

N: nicht behandlungsbedürftige Neurodermitis

Heus.: nicht behandlungsbedürftiger Heuschnupfen

All.: nicht behandlungsbedürftige Allergie

GR: Gelegenheitsraucher

NR: Nichtraucher

Tabelle 10-3: Übersicht über die Daten weiblicher Vpn

Vp-Nr.	Alter	SIAS	MRI-FSS	chron. Erkrank./Med.	Op. /Verletz. am Kopf o. Schädel o. i. Nasen-/ Rachen-raum	Ø Zyklus-dauer	Phase der Pille	Psych. Behdl.	Raucher	Ø Alk. pro Woche in Gläsern	Regelm. Drogen-konsum	akute Einnahme von Med.	akute Erkank.	Alk.-konsum am Tage vor Versuch in Gläsern	Tag des Zyklus am Versuchstag	Dauer der letzten Menstr.	Schlaf vor Versuch in h	Dauer des Versuchs in h: min
250	30	17	0	-	-	30	1	-	NR	1	-	-	-	1	23	5	9	2;20
251	25	4	0	-	-	32	0	-	NR	0,25	-	-	-	-	7	5	8	2;09
254	20	8	0	-	-	28	1	-	NR	-	-	-	-	-	7	4	9	1;45
256	20	10	0	-	-	28	4	-	NR	2	-	-	-	-	28	3	6	2;00
257	21	16	2	-	-	28	1	-	NR	1	-	-	-	-	14	4	8,5	1;49
260	20	8	0	-	-	28	0	-	NR	2	-	-	-	-	27	7	7,5	1;45
261	25	3	0	-	-	28	1	-	NR	-	-	-	-	-	15	5	7,5	2;45
262	22	3	0	-	-	26	0	-	NR	2	-	-	-	-	4	5	8	2;55
264	20	16	0	-	-	28	1	-	NR	1	-	-	-	-	24	4	9	3;05
265	25	10	0	-	-	28	1	-	NR	-	-	-	-	-	7	4	9	2;27
266	20	16	0	N.	-	28	1	-	NR	3	-	-	-	-	21	5	8	2;04
267	19	11	1	-	-	28	1	-	NR	0,5	-	-	-	-	10	5	6,5	2;12
268	20	16	0	-	-	28	1	-	NR	-	-	-	-	-	20	5	9	2;12
269	19	7	0	-	-	28		-	NR	1	-	-	-	-	10	6	7	2;05

Legende:

N: nicht behandlungsbedürftige Neurodermitis

Heus.: nicht behandlungsbedürftiger Heuschnupfen

All.: nicht behandlungsbedürftige Allergie

GR: Gelegenheitsraucher

NR: Nichtraucher

Telefon-Checkliste Vpn, Körpergeruch_fMRT_1

Datum	Vp-Nr. (Bleistift)

Name: _____ Telefonnummer: _____

Geb.-Datum: _____ (18 - 40 Jahre) Geschlecht: _____
(volljährig?)

Europäer? ja ☐ nein ☐ Beruf: _____

Raucher? nein ☐ ja ☐ Falls ja: Gelegenheitsraucherin)? _____
(mind. 1 Jahr) (< 7 pro Woche seit 1 Jahr)

Händigkeit? rechtshändig ☐ linkshändig ☐ teilweise ☐

Sind Sie gesund? ja ☐ nein ☐ _____

Besteht momentan eine Schwangerschaft? _____ Versuchen Sie schwanger zu werden? _____
(Falls ja, zu ANNE weiterleiten!)

Pille? ja ☐ nein ☐ regelmäßiger Zyklus? Ja ☐ nein ☐ Ø Dauer _____
(falls ja, Beipackzettel mitbringen)

Bitten, den Zyklus zu beobachten, um anzugeben zu können, an welchem Tage des Zyklus der Versuch stattfindet.

chronischen Erkrankungen? nein ☐ ja ☐ welche? _____
(neurologisch, hormonell, immunologisch)

chronische Erkrankungen der Atemwege? nein ☐ ja ☐ welche? _____

Nehmen Sie zurzeit Medikamente? nein ☐ ja ☐ welche? _____

Warum? _____

Operationen/Verletzungen an Kopf und Schädel oder im Nasen-Rachenraum? nein ☐ ja ☐
(Schädel-Hirn-Trauma, Hirnerschütterung) (z.B. Nasenbeinbruch)
welche? _____

Waren Sie schon einmal bei einem Psychiater oder Psychologen in Behandlung? nein ☐ ja ☐
(Therapie o.k., aber keine Medikamente)
warum? _____

Bereits gescannt worden? nein ☐ ja ☐ Probleme: _____

Agoraphobie: nein ☐ ja ☐
Hatten Sie jemals Angst, allein das Haus zu verlassen, sich in Menschenmengen zu befinden, in Schlangen anzustehen oder mit dem Zug mit dem Bus oder Fahrstuhl zu fahren? Was befürchten Sie, hätte passieren können? Vermeiden Sie solche Situationen?

Panikattaken: nein ☐ ja ☐
Hatten Sie jemals einen Angstanfall, bei dem Sie ganz plötzlich (wie aus heiterem Himmel) in panischen Schrecken gerieten oder panische Angst hatten?

Platzangst: Haben Sie Angst, sich in beengten Räumen aufzuhalten (Fahrstuhl, Tunnel o.ä.) nein ☐ ja ☐

Ø Alkohol pro Woche: _____ Andere Drogen: _____

Besonderheiten bzgl. der Riechfähigkeit oder Geruchswahrnehmung? _____

Behinderung? nein ☐ ja ☐ welche? _____

Schwerhörigkeit? nein ☐ ja ☐ normale Sehkraft (auch korrigiert)? nein ☐ ja ☐
(Sehhilfe in Form von Kontaktlinsen mitbringen falls nötig)

Datum für Versuch: _____ Uhrzeit: _____

Bemerkungen:

Wahrnehmung von Körpergerüchen			
Institut für Experimentelle Psychologie HHU, Düsseldorf	Dipl.-Psych. A. Prehn Prof. Dr. B.M. Pause	**Institut für Psychologie CAU, Kiel**	Dr. Chr. Wiesner

Allgemeine Informationen zum Versuch

In dieser Studie wird die Wahrnehmung von menschlichen Körpergerüchen untersucht. Es geht um die Frage, ob Körpergerüche auch in schwach dosierten Mengen wahrgenommen werden können und inwieweit sich das Bemühen, diese zu erkennen, in der Hirnaktivität widerspiegelt. Hierzu werden Ihnen in bestimmten Abständen schwach dosierte menschliche Körpergerüche dargeboten. Während der Geruchspräsentation wird Ihre Hirnaktivität mit Hilfe eines fMRT-Scanners aufgezeichnet. Ihre Aufgaben bestehen darin, zum einen vor dem Scanvorgang die Gerüche zu bewerten und zum andere während des Scanvorgangs nach jeder Geruchspräsentationen angeben, ob Sie die dargebotenen Gerüche gerochen haben oder nicht.

Die Gerüche werden Ihnen zusammen mit Frischluft über eine Atemmaske dargeboten.
Die Untersuchung wird ca. 2 Stunden dauern.

Aufgrund theoretischer Überlegungen, aber auch aus versicherungstechnischen Gründen sind wir gezwungen, Ausschlusskriterien zu formulieren. Bitte lesen Sie die Ausschlusskriterien aufmerksam durch. Trifft mindestens eines dieser Kriterien auf Sie zu, können Sie an dem Versuch nicht teilnehmen.

Die Ausschlusskriterien sind:

- tatsächliche oder mögliche Schwangerschaft
- außereuropäische Abstammung
- Raucher
- keine Rechtshändigkeit
- körperliche Behinderungen
- chronische Erkrankungen neurologischer, hormoneller oder immunologischer Art
- chronische Erkrankung der Atemwege
- chronische Medikationen
- erhöhter Drogen- oder Alkoholkonsum
- Schizophrenie, Depression, Angststörungen
- Angst vor engen Räumen
- Operationen/Verletzungen an Kopf und/oder Schädel (z.B. Schädelhirntrauma)
- Operationen/Verletzungen im Nasen-Rachenraum
- akut/chronisch deutlich verminderte Riechfähigkeit

Ablaufprotokoll Vpn: Körpergeruch_fMRT_1_Hauptversuch	Datum	Vp-Nr.

VL 1: _____ VL 2: _____ VL 3: _____

Gewicht von: WK(1)_____ MS (2) _____ MA(3) _____ FS (4) _____ FA (5) _____

_____. Versuch mit ausgetauschten Düften

ZEIT	ABLAUF			BEMERKUNGEN
_____	**Begrüßung**			
	Überblick über Versuch			
	Aufklärungsbogen	**OK?**	ja	nein
	Allgemeine Informationen			
	Einverständniserklärung Neuroradiologie	**OK?**	ja	nein
	Einverständniserklärung Psychologie	**OK?**	ja	nein
	Geruchsfragebogen	**OK?**	ja	nein
	MRT-Tauglichkeits-Checkliste	**OK?**	ja	nein
	Instruktionen			

_____ **Geruchsdetektion mit Körpergeruch (je 3 s)**

Trialnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Geruch	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	3	1	3	1	3	1	1
Trialnummer	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Geruch	4	1	1	1	1	4	1	4	1	1	5	1	5	1	1	1	1	5

_____ **Subjektive Einschätzung von Düften 1-5 (jeder Duft 2 x 3 s)**
Intensität, Angenehm, unangenehm, bekannt + Kategorisierung / SAM, Basisemotionen

Trialnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Geruch	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1

_____ **Anatomische Bilder**

Funktionelle Bilder:

_____ **Run 1**

_____ **Run 2**

_____ **Run 3**

_____ **Run 4**

Ende

ZEIT insgesamt: _____Stunden und _____Minuten

Universität Kiel
Klinik für Neurochirurgie
Leiter: Prof. Dr. med. H.M. Mehdorn
Sektion Neuroradiologie
Leiter: Prof. Dr. med. Olav Jansen
Weimarer Str. 8, 24106 Kiel

Universität Düsseldorf
Institut für Experimentelle Psychologie
Projektleiterin: Prof. Dr. rer. nat. Bettina Pause
Universitätsstraße 1, 40225 Düsseldorf

Aufklärungsbogen

Sehr geehrte / r Versuchsteilnehmer / in,

Bei Ihnen soll heute eine funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI) durchgeführt werden. Dazu werden Sie – wie bei einer Kernspintomographie zur Diagnostik – gelagert und Ihr Kopf wird stabilisiert werden, um es Ihnen zu erleichtern den Kopf in derselben Position zu halten. Bitte beachten Sie, dass sobald die Untersuchung begonnen wurde, die Kopfposition nicht mehr verändert werden darf. Achten Sie darauf, dass Sie möglichst bequem liegen.

Bei Ihnen soll eine fMRI-Studie zur Untersuchung der Wahrnehmung von Körpergerüchen durchgeführt werden.

Sie selbst werden von der Untersuchung nichts merken, abgesehen von den sonst auch vorhandenen Geräuschen des Gerätes. Zu bestimmten Zeitpunkten, die Ihnen der Versuchsleiter erklären wird, werden Sie verschiedene Körpergerüche riechen. Dadurch können wir – nach entsprechender Nachverarbeitung der Daten – die Bereiche sichtbar machen, die für die von Ihnen empfundenen Eindrücken verantwortlich sind.

Ablauf der Untersuchung:
Zunächst werden konventionelle MRT-Bilder erhoben. Sie dienen uns zur Orientierung und Auswahl der Schichten für die eigentliche Untersuchung. Daneben ermöglichen sie uns einen Vergleich zwischen unterschiedlichen untersuchten Personen.
Bei der eigentlichen Untersuchung wechseln sich Ruhephasen mit Phasen ab, in denen eine Geruchseinschätzung von Ihnen durchgeführt werden soll. Diese werden z.T.
durch den Versuchsleiter zusätzlich über Start- und Stopkommandos angesagt. Zwischen den einzelnen Messungen entstehen Pausen, in denen der Computer die erhobenen Daten rekonstruiert. Art und Anzahl der jeweiligen Messungen resultieren aus der Fragestellung.

Bei dieser Untersuchung handelt es sich um ein neues Verfahren, das noch nicht für die klinische Routine zugelassen ist. Daher verpflichtet uns der Gesetzgeber, Sie über alle Schritte aufzuklären und Ihre Einverständnis schriftlich zu dokumentieren, nachdem Sie alle Fragen stellen durften. Wir erwarten uns von dieser Studie mehr über das Gehirn zu lernen und Denkprozesse eines Tages verstehen zu können. Sie selbst werden von den Ergebnissen der Untersuchung vielleicht noch nicht profitieren, je größer jedoch der Kenntnisstand der Hirnforschung wird, um so eher können Krankheiten unter Berücksichtigung dieser Kenntnisse schneller erkannt und besser therapiert werden.

Bei der Untersuchung wird mit starken Magnetfeldern gearbeitet. Diese Magnetfelder haben nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft **keine** unmittelbaren Störungen oder Langzeitschäden Ihrer Gesundheit zur Folge.

Dennoch müssen die Teilnehmer alle Metallteile von sich legen, **bevor** Sie den Magnetraum betreten. Patienten mit einem **Herzschrittmacher** oder anderen magnetischen Stimulatoren **dürfen nicht teilnehmen!** Sofern Sie Metallteile im Körper haben (Splitter, Operationsclips, Körperschmuck z.B. Piercing, o.ä.) müssen Sie dies mit Ihrem Arzt besprechen. Metallteile können sich bei dieser Untersuchung erwärmen, es kann Strom durch sie fließen und Schrittmacher können verstellt oder zerstört werden. **Schwangere** Patientinnen dürfen ebenfalls **nicht teilnehmen**, auch wenn ein Schaden für das ungeborene Kind bisher nicht dokumentiert wurde.

Röntgenstrahlen werden **nicht** verwendet.
Die Gabe eines Kontrastmittels ist für die Studie **nicht notwendig**.
Die Untersuchung dauert ca. 2 Stunden.

Bei Probanden kann durch diese Untersuchung eine krankhafte Veränderung gefunden werden, die Ihr weiteres Leben beeinflussen und weitere medizinische Konsequenzen zur Folge haben kann. Wir können vorher nicht ausschließen, dass eine derartige Störung bei Ihnen vorliegt und sind verpflichtet, Sie darüber nach der Untersuchung in Kenntnis zu setzen.

Risiken bei der Teilnahme dieser Studie sind nicht bekannt und auch nicht zu befürchten.

Ihre Teilnahme ist **freiwillig**. Sollten Sie nicht teilnehmen wollen, hat dies **keine** Konsequenzen für Ihre weitere Therapie und Behandlung. Sofern Sie zustimmen, können Sie **zu jedem Zeitpunkt** ohne Angabe von Gründen Ihr **Einverständnis zurückziehen**.
Ihre Daten und Ergebnisse werden **anonymisiert**, d.h. verschlüsselt dokumentiert und nur den Sie untersuchenden Ärzten **zur wissenschaftlichen Auswertung und Veröffentlichung** zur Verfügung stehen. Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden **strikt vertraulich** gemäß dem **Datenschutz** behandelt.

Ergänzende Fragen beim Aufklärungsgespräch:

Tragen Sie einen Herzschrittmacher oder andere magnetischen Stimulatoren?
☐ ja ☐ nein
Befinden sich Metallteile in Ihrem Körper (einschl. Operationsclips, Splitter,etc.)?
☐ ja ☐ nein
Könnten Sie schwanger sein?
☐ ja ☐ nein ☐ vielleicht
☐ weitere Fragen / Bemerkungen zum Aufklärungsgespräch:

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme an dieser Studie und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse. Eine Kopie der Einwilligung und eine Kopie dieser Patienteninformation habe ich erhalten.

_____ _____
(Unterschrift der Probandin / des Probanden) Datum

_____/_____ _____
(Unterschrift des Psychologen und Zeugen) Datum

Universität Kiel
Klinik für Neurochirurgie
Leiter: Prof. Dr. med. H.M. Mehdorn
Sektion Neuroradiologie
Leiter: Prof. Dr. med. Olav Jansen
Weimarer Str. 8, 24106 Kiel

Universität Düsseldorf
Institut für Experimentelle Psychologie
Projektleiterin: Prof. Dr. rer. nat. Bettina Pause
Universitätsstraße 1, 40225 Düsseldorf

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Teilnahme an der Studie zur Lokalisierung funktioneller kortikaler Areale mittels fMRI:
Wahrnehmung von Körpergerüchen

_____
(Vor- und Nachname)

_____
(Anschrift)

Ich bin ausreichend in mündlicher und schriftlicher Form über die Ziele und Methoden, die möglichen Risiken und den Nutzen der Studie informiert worden. Ich habe den Aufklärungsbogen gelesen und den Inhalt verstanden.

Ich hatte ausreichend Gelegenheit, die Studie mit dem Versuchsleiter zu besprechen und Fragen zu stellen. Alle meine Fragen und Bedenken wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich weiß, dass meine Studienteilnahme freiwillig ist und dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen meine Zusage zur Teilnahme zurückziehen kann und mir daraus keine Nachteile entstehen.

Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden strikt vertraulich gemäß dem Datenschutz behandelt. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu.

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme an dieser Studie. Eine Kopie dieser Einwilligung und eine Kopie der Probandeninformationen habe ich erhalten.

_____ _____
(Unterschrift der Probandin / des Probanden) Datum

_____ _____
(Unterschrift des Psychologen) Datum

Ergänzende Einverständniserklärung: Körpergeruch_fMRT_1

Vpn-Nr.: (Bleistift)

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Dipl.-Psych. A. Prehn
HHU, Düsseldorf Prof. Dr. B.M. Pause

Institut für Psychologie Dr. Chr. Wiesner
CAU, Kiel

Ergänzende Einverständniserklärung

Hiermit bestätige ich die freiwillige Teilnahme an einer Untersuchung, bei der mir menschliche Körpergerüche dargeboten werden. Ich habe die schriftlichen "Allgemeinen Informationen zum Versuch" gelesen und meine Fragen wurden ausreichend beantwortet.

Ich bin damit einverstanden, dass Herr Dipl.-Psych. Prehn die Untersuchung mit mir durchführt. Sollten aufgrund der Daten der Verdacht entstehen, dass ich an einer krankhaften Veränderung des Gehirnes leide, bin ich damit einverstanden, dass Herr Dipl.-Psych. Prehn mich an einen Arzt der Abteilung für Neuroradiologie verweist. Eine Behandlung oder medizinische Beratung durch Herrn Dipl.-Psych. Prehn findet nicht statt.

Ich bin damit einverstanden, dass im Rahmen der Studie meine Daten (Alter, Geschlecht, Einschätzungen, Reaktionen etc.) aufgezeichnet und anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) zur Auswertung der Ergebnisse verwendet werden.

Ich erkläre hiermit ausdrücklich, dass keines der Ausschlusskriterien, welche in den „Allgemeinen Informationen zum Versuch" aufgeführt wurden, auf mich zutrifft, dass ich mich körperlich gesund fühle und in der Lage sehe, an dieser Untersuchung teilzunehmen. Weiterhin bestätige ich, dass meine Riechfähigkeit heute nicht eingeschränkt ist. Darüber hinaus verpflichte ich mich zur wahrheitsgemäßen Beantwortung der gestellten Fragen während der gesamten Untersuchung.

Name: _____

Anschrift: _____

Tel.-Nr. (freiwillig): _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

Wahrnehmung von Körpergerüchen			
Institut für Experimentelle Psychologie HHU, Düsseldorf	Dipl.-Psych. A. Prehn Prof. Dr. B.M. Pause	**Institut für Psychologie CAU, Kiel**	Dr. Chr. Wiesner

Im Folgenden werden Sie darüber informiert, worauf Sie vor, während und nach dem Scannvorgang achten sollen.

Versuchsinstruktionen I

Vor dem Scanvorgang

1. Geruchsdetektion

Über eine Atemmaske werden Ihnen Beispielgerüche dargeboten. Dabei werden Ihnen in insgesamt 12 Durchgängen jeweils 3 Gerüche präsentiert. Geben Sie nach jedem Durchgang an, welcher der drei Gerüche für Sie am stärksten gerochen hat. Über einen Bildschirm erhalten Sie die Instruktionen zum Einatmen.

Die visuellen Hinweise bezüglich des Einatmens stehen aus

a) Ankündigung: ein kleiner werdender Kreis symbolisiert die Zeit vor der Einatmung (ca. 3 s)
b) Einatmung: ein größer werdender Kreis soll Ihre Einatmung symbolisieren – atmen Sie so lange ein, bis der Kreis die Kugel ganz ausgefüllt hat – somit werden Sie für ca. 3 s einatmen. Atmen Sie nicht zu schnell zu tief ein! **Atmen Sie entspannt und ohne Anstrengung kontinuierlich ein.**

Achten Sie beim instruierten Einatmen darauf, ob Sie aktuell einen Geruch wahrnehmen oder nicht. Nachdem der Kreis verschwunden ist, atmen Sie aus.

2. Geruchsbeschreibung

Im Anschluss hieran werden Ihnen weiterhin über die Atemmaske 5 Beispielgerüche dargeboten. Hier werden Sie gebeten, die Gerüche anhand des „Fragebogen zur Geruchsbeschreibung" zu beurteilen. Jeder Geruch wird insgesamt 2x für jeweils 3s dargeboten werden (für jeden Teil des Fragebogens eine Geruchspräsentation). Auch hier erfolgt die Instruktion zur Einatmung wieder über den Bildschirm.

Dieser Versuchsteil wird ca. 20 Minuten in Anspruch nehmen.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Psychologie
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Dipl.-Psych. A. Prehn
Dr. Chr. Wiesner
PD Dr. habil. B. Pause

Versuchsinstruktionen II

Für den Scanvorgang

Sicherheitshinweise:

Während des gesamten Scanvorgangs werden Sie von den Versuchsleitern durch eine **Sichtscheibe** und ein **Mikrofon** überwacht. Über das Mikrofon können Sie jederzeit bei Bedarf Kontakt mit den Versuchsleitern aufnehmen, sowie auch diese mit Ihnen über **Kopfhörer** kommunizieren können. Bei dieser Art von Überwachung findet keine Aufzeichnung statt, sie dient lediglich Ihrer Sicherheit. Außerdem wird Ihnen in Handnähe ein **Alarmknopf** an die Kleidung geheftet. Diesen können Sie im Bedarfsfall drücken und es wird umgehend mit Ihnen Kontakt aufgenommen.

1. Vorbereitung:

Für den Scanvorgang nehmen Sie auf der Liege Platz. Ihnen werden eine **Atemmaske** zur Darbietung der Gerüche sowie ein **Kopfhörer** zur Kommunikation und Schallreduzierung übergezogen. Zudem wird Ihnen ein **Atemgürtel** umgelegt, mit dessen Hilfe wir Ihre Atemtätigkeit erfassen können. Bitte überprüfen Sie für sich, ob Sie auch tatsächlich angenehm liegen. Schon kleine Unannehmlichkeiten in der Liegeposition oder beim Tragen der Maske/Kopfhörer können mit der Zeit als sehr störend empfunden werden. Bitte entspannen Sie sich und finden Sie eine für Sie komfortable Liegeposition sowie eine angenehme Trageposition der Maske. **Diese Liege- als auch Trageposition sollten Sie dann über den gesamten Scanvorgang hinweg beibehalten.**

Nachdem Sie eine angenehme Position gefunden haben, wird Ihnen eine Vorrichtung (eine Art Ritterhelm) über den Kopf gefahren, an welchem ein Monitor angebracht ist. Zusammen mit dieser Kopfvorrichtung werden Sie bis lediglich bis zum Oberkörper in den Scanner gefahren.

2. Aufzeichnung I

Zunächst werden anatomische Bilder aufgezeichnet – sie dienen später der Orientierung. Dieser Vorgang dauert ungefähr **5 min**. Dabei werden Sie **laute, unterschiedliche Geräusche** des Scanners hören.

3. Aufzeichnung II

Nach der anatomischen Aufzeichnungssequenz melden wir uns über Kopfhörer wieder und es beginnt der Teil des Versuchs, währenddessen Ihnen die Gerüche präsentiert werden.

Über einen Bildschirm erhalten sie Hinweise zum Einatmen sowie die Aufforderung anzugeben, ob sie während des vorgegebenen Einatmens etwas gerochen haben oder nicht.

Einatmen

Die Hinweise bezüglich der Einatmung entsprechen denen, welche Sie im ersten Versuchsteil kennen gelernt haben. Achten Sie beim instruierten Einatmen darauf, ob Sie aktuell einen Geruch wahrnehmen oder nicht.

Urteil abgeben
Nach jeder instruierten Einatmung werden Sie gebeten, mittels Maus anzugeben, ob Sie während der vorgegebenen Einatmung einen Geruch wahrgenommen haben oder nicht. Hierzu erscheint nach einem bestimmten Zeitintervall auf den Bildschirm ein **Fragezeichen.**
Wenn Sie einen Geruch wahrgenommen haben, drücken Sie bitte nach Erscheinen des Fragezeichens mit dem **Zeigefinger auf die linke Maustaste.**
Wenn Sie keinen Geruch wahrgenommen haben, drücken Sie bitte stattdessen mit dem **Mittelfinger auf die rechte Maustaste**.
Nachdem das Fragezeichen erschienen ist, haben Sie 3 s Zeit, Ihr Urteil abzugeben. Unmittelbar nachdem Sie ein Urteil abgegeben haben verschwindet das Fragezeichen. Falls Sie einmal aus Versehen kein Urteil abgegeben haben sollten, verschwindet das Fragezeichen nach Ablauf der 3 s von selber und es erscheint ein **Ausrufezeichen**. Es sollte aber in jedem Fall ein Urteil abgegeben werden.

Achtung: Es könnte sein, dass Sie während der gesamten Zeit nur wenige oder gar keine Gerüche wahrnehmen. Machen Sie dies durch Ihr Urteil deutlich!

Im Anschluss an die Abgabe Ihres Urteils wiederholt sich der beschriebene Vorgang: Sie erhalten die Einatmungsinstruktion und werden dann gebeten zu beurteilen, ob Sie während der aktuellen Einatmung ein Geruch wahrgenommen haben oder nicht.

Dieser Teil der Aufzeichnung dauert 4 x ca. 9 min mit jeweils einer kurzen Pause zwischen den einzelnen Versuchsabschnitten.

Während dieses Versuchabschnittes werden die Aktivierungsbilder Ihres Gehirns aufgezeichnet. Dabei werden Sie ein **lautes, helles und klopfendes Scannergeräusch** hören.

Hier sind Ihre Aufgaben, auf die Sie während des Scanvorgangs achten sollen, noch einmal zusammengefasst:

- bleiben Sie über den **gesamten** Versuch hinweg ruhig und entspannt liegen
- Achten Sie auf den Bildschirm
- Wenn Sie den kleiner werdenden Kreis sehen (3 s), bereiten Sie sich auf eine 3-sekündige Einatmung vor
- Atmen Sie in der Zeit während der Kreis größer wird **ruhig und entspannt** ein und achten Sie darauf, ob Sie einen Geruch wahrnehmen
- Wenn Sie auf dem Bildschirm ein Fragezeichen sehen, geben Sie mit Hilfe der Maustasten Rückmeldung, ob Sie im aktuell vorgegebenen Einatmungsintervall einen Geruch wahrgenommen haben oder nicht: Haben Sie einen Geruch wahrgenommen, so drücken Sie mit dem **Zeigefinger** auf die **linke** Maustaste; haben Sie keinen Geruch wahrgenommen, drücken Sie mit dem **Mittelfinger** auf die **rechte** Maustaste

Nach dem Scanvorgang

Nachdem der Scanvorgang abgeschlossen ist, melden wir uns über Kopfhörer wieder und kündigen das Ende des Scanvorgangs an. Bitte bleiben Sie solange ruhig liegen, bis Sie aus dem Scanner gefahren worden sind.

SIAS-Fragebogen Vp: Körpergeruch_fMRT_1
nach Stangier, Heidenreich, Beradi, Golbs & Hoyer, 1999
interne Arbeitsgruppenversion (Pause et al., 2004)

Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Dipl.-Psych. A. Prehn **HHU, Düsseldorf** Prof. Dr. B.M. Pause	**Institut für Psychologie** Dr. Chr. Wiesner **CAU, Kiel**

Bitte geben Sie bei den folgenden Aussagen an, in welchem Ausmaß diese auf Sie zutreffen. Kreuzen Sie möglichst bei jeder Frage eine Zahl an. Dabei bedeutet: 0 = *überhaupt nicht* zutreffend, 1 = *ein wenig* zutreffend, 2 = *ziemlich* zutreffend, 3 = *stark* zutreffend, 4 = *sehr stark* zutreffend.

	überhaupt nicht zutreffend	*ein wenig* zutreffend	*ziemlich* zutreffend	*stark* zutreffend	*sehr stark* zutreffend
1. Ich werde nervös, wenn ich mit einer Autoritätsperson (Lehrer, Vorgesetzter) sprechen muss.	0	1	2	3	4
2. Ich habe Schwierigkeiten, Blickkontakt mit anderen herzustellen.	0	1	2	3	4
3. Ich werde angespannt, wenn ich über mich oder meine Gefühle sprechen muss.	0	1	2	3	4
4. Ich finde es schwierig, mich im Umgang mit Leuten, mit denen ich zusammenarbeite, wohlzufühlen.	0	1	2	3	4
5. Mir fällt es leicht, Freunde in meinem Alter zu finden.	0	1	2	3	4
6. Ich werde angespannt, wenn ich einen Bekannten auf der Straße treffe.	0	1	2	3	4
7. Wenn ich mit anderen zusammen bin, fühle ich mich unwohl.	0	1	2	3	4
8. Ich fühle mich angespannt, wenn ich mit einer Person alleine zusammen bin.	0	1	2	3	4
9. Ich fühle mich wohl, wenn ich Leute bei Parties usw. kennen lerne.	0	1	2	3	4
10. Es fällt mir schwer, mich mit anderen Leuten zu unterhalten.	0	1	2	3	4
11. Mir fallen leicht Dinge ein, über die man reden kann.	0	1	2	3	4
12. Ich mache mir Sorgen, dass ich durch meine Äußerungen ungeschickt erscheinen könnte.	0	1	2	3	4
13. Mir fällt es schwer, einen anderen Standpunkt als andere zu vertreten.	0	1	2	3	4
14. Ich finde es schwierig, mit einer attraktiven Person des anderen Geschlechts zu reden.	0	1	2	3	4
15. Es kommt vor, dass ich mir darüber Sorgen mache, in sozialen Situationen nicht zu wissen, was ich sagen könnte.	0	1	2	3	4
16. Ich bin nervös, wenn ich Leute treffe, die ich nicht gut kenne.	0	1	2	3	4
17. Ich glaube immer, dass ich beim Reden etwas Peinliches sagen könnte.	0	1	2	3	4
18. Wenn ich zu einer Gruppe dazukomme, mache ich mir Sorgen, dass ich ignoriert werden könnte.	0	1	2	3	4
19. Ich fühle mich angespannt, wenn ich zu einer Gruppe dazukomme.	0	1	2	3	4
20. Ich bin unsicher, ob ich jemanden grüßen soll, den ich nur oberflächlich kenne.	0	1	2	3	4

MRI-FSS: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Dipl.-Psych. A. Prehn
HHU, Düsseldorf Prof. Dr. B.M. Pause

Institut für Psychologie Dr. Chr. Wiesner
CAU, Kiel

Die Begriffe in diesem Fragebogen beziehen sich auf Dinge und Erfahrungen, welche Angst oder andere unangenehme Gefühle verursachen können. Beschreiben Sie für jeden Begriff, wie sehr Sie sich im Allgemeinen davon beunruhigt fühlen, indem sie in der jeweiligen Reihe das entsprechende Feld ankreuzen.

	gar nicht	ein wenig	mittelmäßig	viel	sehr viel
1. Staubsaugerlärm					
2. Alleine sein					
3. Laute Geräusche					
4. Donner					
5. Sirenen					
6. Plötzliche Geräusche					
7. Fahrstuhl fahren					
8. Enge geschlossene Räume					
9. Flugzeuge					

Händigkeitssfragebogen: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Dipl.-Psych. A. Prehn **HHU, Düsseldorf** Prof. Dr. B.M. Pause	**Institut für Psychologie** Dr. Chr. Wiesner **CAU, Kiel**

Mit welcher Hand …	*links* immer	*links* meist	*rechts* immer	*rechts* meist
1. … schreiben Sie einen Brief (lesbar)?	O	O	O	O
2. … werfen Sie einen Ball?	O	O	O	O
3. … halten Sie einen Schläger?	O	O	O	O
4. … schlagen Sie mit einem Hammer?	O	O	O	O
5. … zünden Sie ein Streichholz an?	O	O	O	O
6. … putzen Sie sich die Zähne?	O	O	O	O

7. Sind Sie von „links“ auf „rechts“ umtrainiert worden?	ja	O	nein	O

MR-Tauglichkeits-Chekliste; Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr. (Bleistift)

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf Dipl.-Psych. A. Prehn, Prof. Dr. B.M. Pause

Institut für Psychologie Christian-Albrechts-Universität, Kiel Dr. Chr. Wiesner

MRT-Tauglichkeits-Checkliste

Vor dem Betreten des Scanner-Raums ausfüllen und unterschreiben!

Die folgenden Dinge können bei MRT-Untersuchungen gefährlich sein oder die Untersuchung durch Artefakte stören.

Bitte geben Sie an, wenn sich eines der Dinge in oder an ihrem Körper befindet:

Im/am Körper		
Ringe (z.B. an Fingern oder Zehen)	ja	nein
Ketten (z.B. an Hals, Arm oder Fußgelenk)	ja	nein
Piercing (z.B. im Gesicht, an der Zunge, am Ohr)	ja	nein
Intimschmuck (z.B. an den Brustwarzen, an den Genitalien)	ja	nein
Aufgeklebter Schmuck (z.B. Sternchen, Glitter)	ja	nein
Angeklemmter Schmuck (z.B. Ohrklips)	ja	nein
Uhren	ja	nein
Sonstiger Schmuck	ja	nein
Metallhaltiges make-up (eye liner)	ja	nein
Metallhaltiges Permanent-make-up (eye liner)	ja	nein
Metallhaltige Tattoos	ja	nein
Sonstige metallhaltige Kosmetika	ja	nein
In/an der Kleidung		
Lose Metallteile (Münze, Büroklammer, Feuerzeug, Messer)	ja	nein
Schlüssel, Schlüsselketten, Schlüsselringe	ja	nein
Große Metallteile an der Kleidung	ja	nein
Keditkarten, Smartcards, sonstige Karten	ja	nein
Handy	ja	nein
Sonstige Metallteile, Speichermedien oder Elektronik	ja	nein

Bitte geben Sie an, wenn sich eines der Dinge in oder an ihrem Körper befindet:

Medizinische Geräte, Hilfsmittel usw.		
Herzschrittmacher	ja	nein
Herz-Defibrillator	ja	nein
Neurostimulator	ja	nein
Sonstige Biostimulatoren	ja	nein
Insulinpumpe	ja	nein
Implantierte Medikamentenpumpe	ja	nein
Implantierte Elektroden oder Kabel	ja	nein
Katheter	ja	nein
Hörgerät	ja	nein
Cochlearimplantat	ja	nein
Künstliche Herzklappe	ja	nein
Aneurysma Klip	ja	nein
Gefäßimplantate (z.B. Stents, Filter, Gefäßersatz)	ja	nein
Penisprothesen	ja	nein
Augenprothesen	ja	nein
Künstliche Gliedmaßen	ja	nein
Sonstige Prothesen	ja	nein
Zahnprothesen, Zahnspangen	ja	nein
Zahnmedizinische Metallimplantate	ja	nein
Intrauterin Pessar	ja	nein
Pessar	ja	nein
Nägel, Schrauben, Klips, Platten, Drähte	ja	nein
Metallsplitter, Bombensplitter, Kugeln	ja	nein
Sonstige Metallteile oder Implantate	ja	nein

Besprechungsnotizen:

Ich bestätige, dass ich alle Angaben nach bestem Wissen gemacht habe. Ich habe das ganze Formular (2 Seiten) gelesen und verstanden und hatte Gelegenheit, Fragen zu den Inhalten dieses Formulars zu stellen.

Datum:

Unterschrift Proband:_____ Unterschrift MR-Bediener:_____

Fragebogen zur Geruchsbeschreibung

Im Folgenden finden Sie Fragebögen, anhand welcher Sie die dargebotenen Gerüche beschreiben können.

Der erste Fragebogen besteht aus vier Skalen, die jeweils nach der wahrgenommenen Intensität, der Angenehmheit, der Unangenehmheit und der Bekanntheit der Gerüche fragen.

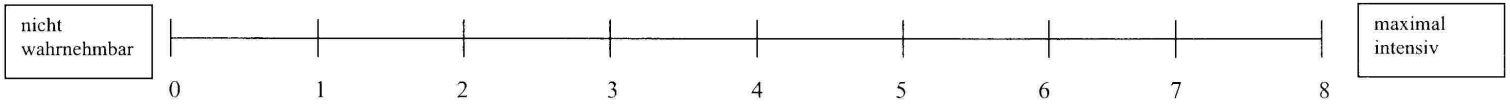
Mit Hilfe des zweiten Fragbogens lassen sich Gerüche hinsichtlich ihrer Qualität einordnen.

Die darauf folgenden beiden Fragebögen dienen der Erfassung Ihrer emotionalen Befindlichkeit, wie sie durch die dargebotenen Gerüche beeinflusst wird.

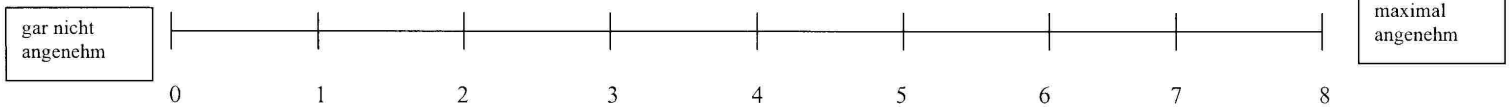
VP-Nummer:	Datum:	FA	FS	MA	MS	WK

Hier sehen Sie 4 Skalen, mit welchen sich Gerüche hinsichtlich ihrer Intensität, Angenehmheit, Unangenehmheit und Bekanntheit beschreiben lassen. Dabei reicht jede Skala von den Extremwerten 0 („nicht wahrnehmbar, bzw. gar nicht angenehmen usw.) bis zu 8 („maximal intensiv, maximal angenehm usw.). Bitte kreuzen Sie auf jeder der nachfolgenden 4 Skalen **diejenige Zahl** an, welche Ihrer Meinung nach Ihre Einschätzung des Geruchs am besten entspricht.

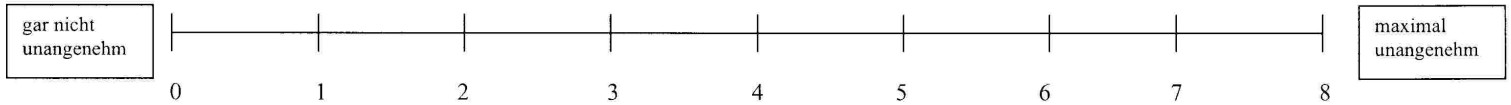
Intensität



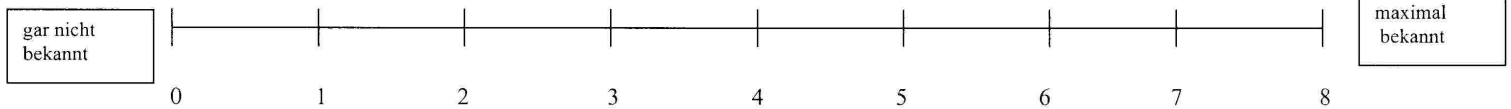
Angenehm



Unangenehm



Bekanntheit



VP-Nummer:	Datum:	FA	FS	MA	MS	WK

Im Folgenden sind 6 verschiedene Duftkategorien aufgeführt. Bitte kreuzen Sie diejenige Kategorie an, welche Ihrer Meinung nach den aktuell gerochenen Geruch am besten beschreibt.
Bitte beachten Sie: Kreuzen Sie **nur eine** Kategorie an. Entscheiden Sie sich spontan. Wenn Sie nicht sicher sind, ob Sie einen Geruch wahrgenommen haben, raten Sie und kreuzen trotzdem eine Kategorie an.

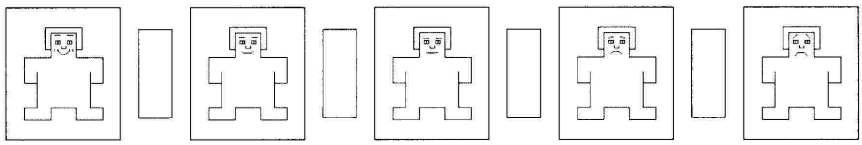
Der Duft riecht:

blumig	☐
brenzlig	☐
harzig	☐
würzig	☐
faulig	☐
fruchtig	☐

Erklärungen zum SAM-Fragebogen

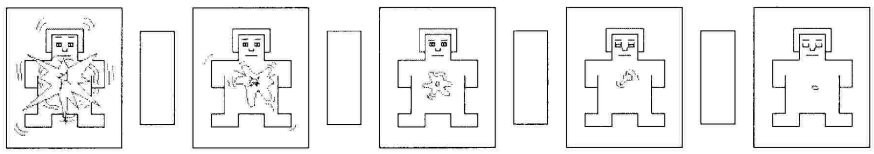
Im Folgenden sehen Sie 3 Sätze von je 5 Figuren. Wir nennen diese Figur **SAM**. Sie können diese Figuren verwenden um darzustellen, wie Sie fühlen. SAM zeigt drei verschiedene Arten von Gefühlen: **glücklich vs. unglücklich**, **erregt vs. ruhig** und **fremdbestimmt/unterlegen vs. selbstbestimmt/dominant**. Jede SAM-Figur variiert entlang jeder Skala.

In diesem Fragebogen ist die **glücklich vs. unglücklich Skala** die erste SAM-Skala, die sich von einem lächelnden Gesicht bis zu einem Ausdruck des Missfallens erstreckt.



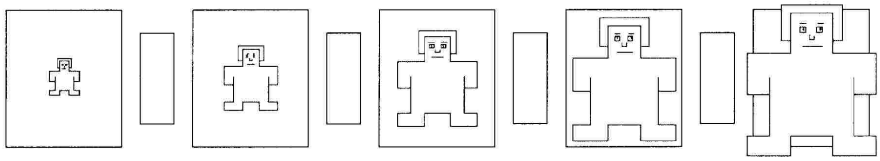
Am linken Extrem der **glücklich vs. unglücklich Skala** fühlen Sie sich **völlig glücklich, erfreut, zufrieden, optimistisch**. Wenn Sie sich vollkommen glücklich fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz links setzen. Am rechten Ende der Skala fühlen Sie sich **völlig unglücklich, genervt, unzufrieden, traurig, verzweifelt**. Wenn Sie sich vollkommen unglücklich fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz rechts setzen Die Figuren erlauben Ihnen auch dazwischen liegende Gefühlszustände darzustellen, in dem Sie ein „X" auf eines der anderen Bilder setzen. Wenn Sie sich vollkommen neutral, also weder glücklich noch traurig fühlen, setzen Sie ein „X" über die Figur in der Mitte. Falls Ihrer Beurteilung nach ihr Gefühlszustand *zwischen* zwei der Bilder fällt, dann setzen Sie ein „X" zwischen die Figuren.

Die zweite SAM-Skala ist die **erregt vs. ruhig Skala**.

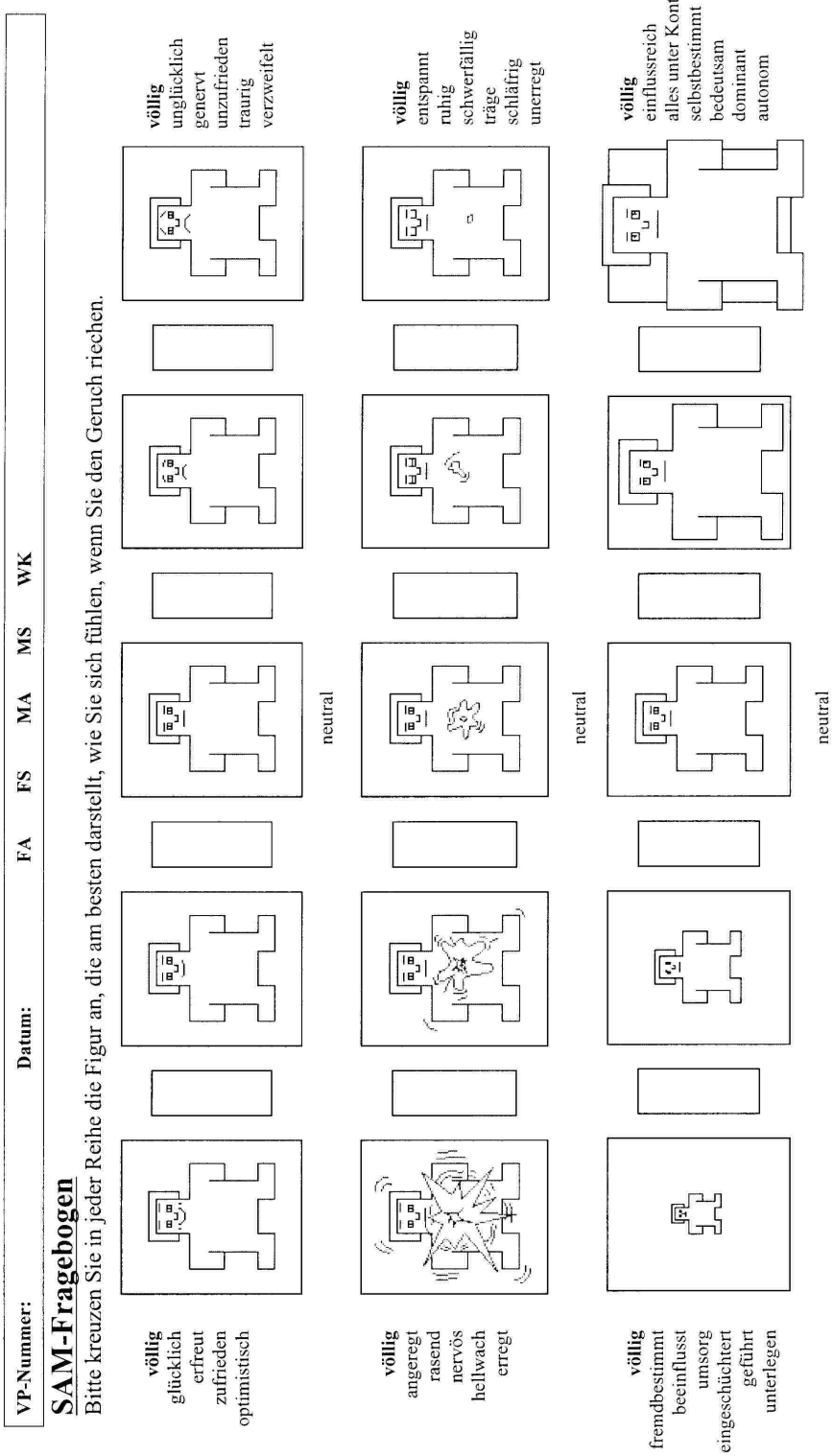


Am linken Extrem dieser Skala fühlen Sie sich **völlig angeregt, rasend, nervös, hellwach, erregt**. Wenn Sie sich vollkommen erregt fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz links setzen. Am rechten Ende der Skala fühlen Sie sich **völlig entspannt, ruhig, schwerfällig, träge, schläfrig, unerregt**. Wenn Sie sich vollkommen ruhig fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz rechts setzen. Wie bei der glücklich vs. unglücklich Skala erlauben die Figuren Ihnen wieder auch dazwischen liegende Gefühlszustände darzustellen, in dem Sie ein „X" auf eines der anderen Kästchen setzen. Wenn Sie sich vollkommen neutral, also nicht in irgendeiner Weise erregt oder ruhig fühlen, setzen Sie ein „X" auf die Figur in der Mitte.

Die letzte Skala in diesem Fragebogen ist die **fremdbestimmt/unterlegen vs. selbstbestimmt/dominant Skala**.



Am linken Extrem dieser Skala fühlen Sie sich **völlig fremdbestimmt, beeinflusst, umsorgt, eingeschüchtert, geführt, unterlegen**. Wenn Sie sich vollkommen fremdbestimmt/unterlegen fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz links setzen. Am rechten Ende der Skala fühlen Sie sich **völlig einflussreich, alles unter Kontrolle habend, selbstbestimmt, bedeutsam, dominant, autonom**. Wenn Sie sich vollkommen selbstbestimmt/dominant fühlen, können Sie dies anzeigen, in dem Sie ein „X" auf die Figur ganz rechts setzen. Auch bei dieser Skala lassen sich durch die Figuren dazwischen liegende Gefühlszustände darstellen


VP-Nummer:
Datum:
FA
FS
MA
MS
WK
SAM-Fragebogen
Bitte kreuzen Sie in jeder Reihe die Figur an, die am besten darstellt, wie Sie sich fühlen, wenn Sie den Geruch riechen.
völlig
glücklich
erfreut
zufrieden
optimistisch
neutral
völlig
unglücklich
genervt
unzufrieden
traurig
verzweifelt
völlig
angeregt
rasend
nervös
hellwach
erregt
neutral
völlig
entspannt
ruhig
schwerfällig
träge
schläfrig
unerregt
völlig
fremdbestimmt
beeinflusst
umsorg
eingeschüchtert
geführt
unterlegen
neutral
völlig
einflussreich
alles unter Kontrolle
selbstbestimmt
bedeutsam
dominant
autonom

VP-Nummer:	Datum:	FA	FS	MA	MS	WK

Dieser Teil setzt sich aus Skalen zusammen, die Ihre augenblickliche emotionale Befindlichkeit entlang 6 verschiedener Grundemotionen erfasst. Jede Skala reicht von „trifft gar nicht zu" bis zu „trifft völlig zu", womit diese Werte die Extreme der jeweiligen Emotion darstellen. Bitte geben Sie durch einen senkrechten Strich auf jeder der Skalen, wie stark Sie die jeweilige Emotion im Augenblick des Riechens des Geruchs erlebt haben.

Freude



Ärger



Traurigkeit



Angst/Furcht



Überraschung



Ekel



Fragebogen zur Selbstbeschreibung STAI-G Form X1: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Dipl.-Psych. A. Prehn Prof. Dr. B.M. Pause **HHU, Düsseldorf**	**Institut für Psychologie** Dr. Chr. Wiesner **CAU, Kiel**

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die angibt, wie sich **während der Aufnahmezeit** gefühlt haben. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die Ihren Gefühlszustand **während der Aufnahmezeit** am besten beschreibt.	ÜBERHAUPT NICHT	EIN WENIG	ZIEMLICH	SEHR
1. Ich war ruhig	1	2	3	4
2. Ich fühlte mich geborgen	1	2	3	4
3. Ich fühlte mich angespannt	1	2	3	4
4. Ich war bekümmert	1	2	3	4
5. Ich war gelöst	1	2	3	4
6. Ich war aufgeregt	1	2	3	4
7. Ich war besorgt, dass etwas schief gehen könnte	1	2	3	4
8. Ich fühlte mich ausgeruht	1	2	3	4
9. Ich war beunruhigt	1	2	3	4
10. Ich fühlte mich wohl	1	2	3	4
11. Ich fühlte mich selbstsicher	1	2	3	4
12. Ich war nervös	1	2	3	4
13. Ich war zappelig	1	2	3	4
14. Ich war verkrampft	1	2	3	4
15. Ich war entspannt	1	2	3	4
16. Ich war zufrieden	1	2	3	4
17. Ich war besorgt	1	2	3	4
18. Ich war überreizt	1	2	3	4
19. Ich war froh	1	2	3	4
20. Ich war vergnügt	1	2	3	4

Geruchsfragebogen: Körpergeruch_fMRT_1	Datum	Vp-Nr.

Wahrnehmung von Körpergerüchen

Institut für Experimentelle Psychologie Dipl.-Psych. A. Prehn **HHU, Düsseldorf** Prof. Dr. B.M. Pause	**Institut für Psychologie** Dr. Chr. Wiesner **CAU, Kiel**

Durch die Beantwortung der folgenden Fragen können wir einige – für die Untersuchung relevante – Aspekte Ihres aktuellen physiologischen Zustandes erfassen. Bitte beantworten Sie alle Fragen wahrheitsgetreu.

1. ***Wie lange haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?*** _____Stunden

2. ***Von wann bis wann haben Sie geschlafen?*** Von _____ Uhr bis _____ Uhr

3. ***Wann haben Sie heute zum letzten Mal etwas gegessen?***
Ich habe heute meine letzte (Zwischen-) Mahlzeit vor etwa _____ Stunden zu mir genommen.

4. ***Leiden Sie an einer akuten Erkrankung?***

Nein ☐ Ja ☐

Falls **Ja**, bitte beschreiben Sie die Erkrankung: _____

5. ***Haben Sie gestern oder heute Medikamente zu sich genommen?***
Falls **Ja**, bitte beschreiben Sie jeweils Art, Umfang und Grund der Medikamenteneinnahme

Gestern: ☐ Nein ☐ Ja _____

Heute: ☐ Nein ☐ Ja _____

6. ***Haben Sie gestern oder heute Alkohol und / oder Drogen zu sich genommen?***
Falls **Ja**, bitte beschreiben Sie die Art und den Umfang der Drogeneinnahme:

Gestern: ☐ Nein ☐ Ja _____

Heute: ☐ Nein ☐ Ja _____

7. ***Wie alt sind Sie?*** _____ Jahre

Nur für Frauen, Daten zum Menstruationszyklus:

8. ***Nehmen Sie die Pille?*** ☐ Nein ☐ Ja
Falls **Nein**, *wie lange schon nicht?* _____
Falls **Ja**, *wie ist der Name Ihrer Pille?* _____

9. ***Haben Sie einen regelmäßigen Zyklus?*** ☐ Nein ☐ Ja
Falls **Nein**, *warum nicht?* _____

10. ***Wie lange ist die durchschnittliche Dauer eines Zyklus?*** _____ Tage

11. ***Der wievielte Tag Ihres Zyklus ist heute?*** _____ Tag
(Beginn des Zyklus = 1. Tag der Menstruation)

12. ***Bis zu welchem Tag des Zyklus dauerte Ihre letzte Menstruation?*** Bis zum _____ Tag

Atmungsprototoll Vpn:
Körpergeruch_fMRT_1_Hauptversuch

Datum	Vp-Nr.

Run 1

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Geruch	1	16	2	4	8	1	8	4	2	16	1	4	16	2	8	1	4	8	1	2	16	1	16	4	2	8

Run 2

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Geruch	1	4	1	2	8	16	8	4	2	16	1	16	1	2	4	8	2	4	1	8	16	1	8	2	16	4

Run 3

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Geruch	1	8	2	4	16	1	16	2	1	8	4	1	8	2	16	4	1	16	2	4	8	1	8	4	16	2

Run 4

Trial-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Geruch	1	2	8	1	4	8	1	2	16	1	16	4	2	8	16	2	4	8	1	8	4	2	16	1	4	16

In der Tabelle 10-4 sind die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung mit den Parametern Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) der quantitativen Geruchsbeschreibung dargestellt.

Tabelle 10-4: Deskriptive Auswertung der Quantitativen Geruchsbeschreibung

Wahrnehmenden-geschlecht	Spender-geschlecht	Reiz		Intensität	Angenehm	Unangenehm	Bekannt
Frauen	Frauen	Angst	M	2,64	3,29	2,21	2,71
			SD	1,55	1,73	2,15	1,86
		Sport	M	3,79	3,36	2,57	4,36
			SD	1,72	1,82	2,17	2,06
	Männer	Angst	M	4,14	2,07	4,64	3,57
			SD	2,21	1,54	1,55	2,10
		Sport	M	3,57	2,43	3,79	2,64
			SD	1,95	1,40	2,08	1,78
	-	Watte	M	2,57	3,43	1,43	2,64
			SD	2,41	2,44	1,60	2,17
Männer	Frauen	Angst	M	1,93	1,86	1,29	1,36
			SD	2,30	1,51	1,98	2,10
		Sport	M	1,71	2,43	1,64	1,36
			SD	1,68	2,06	1,95	1,98
	Männer	Angst	M	1,93	2,71	1,93	1,71
			SD	1,73	2,30	2,06	2,20
		Sport	M	1,93	2,43	1,71	1,71
			SD	1,44	2,28	2,33	1,82
	-	Watte	M	2,00	3,50	0,86	2,07
			SD	2,08	2,50	1,61	1,94
gesamt	Frauen	Angst	M	2,29	2,57	1,75	2,04
			SD	1,96	1,75	2,08	2,06
		Sport	M	2,75	2,89	2,11	2,86
			SD	1,97	1,97	2,08	2,51
	Männer	Angst	M	3,04	2,39	3,29	2,64
			SD	2,25	1,95	2,26	2,31
		Sport	M	2,75	2,43	2,75	2,18
			SD	1,88	1,85	2,41	1,83
	-	Watte	M	2,29	3,46	1,14	2,36
			SD	2,23	2,43	1,60	2,04
gesamt	gesamt	Angst	M	2,66	2,48	2,52	2,34
			SD	1,78	1,35	1,92	1,67
		Sport	M	2,75	2,66	2,43	2,52
			SD	1,65	1,71	1,93	1,68

Die Tabelle 10-5 stellt die deskriptive Auswertung des Ratings auf dem Fragebogen zur emotionalen Geruchsbeschreibung „SAM“ dar. Es sind die Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) dargestellt.

Tabelle 10-5: Deskriptive Auswertung der Emotionalen Geruchsbeschreibung entlang des SAM

Wahrnehmenden-geschlecht	Spender-geschlecht	Reiz		Valenz	Arousal	Dominanz
Frauen	Frauen	Angst	M	4,50	5,21	4,64
			SD	1,22	0,80	0,74
		Sport	M	5,14	4,93	5,29
			SD	1,35	2,02	1,33
	Männer	Angst	M	4,29	5,21	4,57
			SD	1,44	1,63	1,02
		Sport	M	4,29	5,36	4,57
			SD	1,49	1,28	1,16
	-	WK	M	5,29	5,14	5,07
			SD	1,68	1,29	1,33
Männer	Frauen	Angst	M	4,86	5,21	5,07
			SD	1,10	1,48	1,33
		Sport	M	5,29	5,00	5,43
			SD	1,33	1,30	1,28
	Männer	Angst	M	5,79	4,21	5,07
			SD	1,97	0,97	0,92
		Sport	M	5,50	4,86	5,29
			SD	1,40	1,23	0,99
	-	WK	M	6,14	5,21	5,21
			SD	1,41	1,25	1,42
gesamt	Frauen	Angst	M	4,68	5,21	4,86
			SD	1,16	1,17	1,08
		Sport	M	5,21	4,96	5,36
			SD	1,32	1,67	1,28
	Männer	Angst	M	5,04	4,71	4,82
			SD	1,86	1,41	0,98
		Sport	M	4,89	5,11	4,93
			SD	1,55	1,26	1,12
	-	WK	M	5,71	5,18	5,14
			SD	1,58	1,25	1,35
gesamt	gesamt	Angst	M	4,86	4,96	4,84
			SD	1,21	0,95	0,77
		Sport	M	5,05	5,04	5,14
			SD	1,18	1,07	1,01

In den Zellen der Tabelle 10-6 sind die Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) des Ratings auf dem Fragebogen zur Emotionalen Geruchsbeschreibung „Basisemotionen“ dargestellt.

Tabelle 10-6: Deskriptive Auswertung der Emotionalen Geruchsbeschreibung entlang der Basisemotionen

Wahrnehmenden-geschlecht	Spender-geschlecht	Reiz		Angst	Ekel	Freude	Ärger	Traur.	Überr.
Frauen	Frauen	Angst	M	1,57	2,43	1,13	1,48	1,27	1,52
			SD	2,29	3,04	1,93	1,75	1,76	2,17
		Sport	M	0,54	1,41	2,18	0,52	0,70	1,50
			SD	0,74	1,40	3,01	0,69	1,33	2,02
	Männer	Angst	M	1,59	3,65	1,29	2,04	1,16	2,01
			SD	3,00	3,26	2,21	2,36	1,99	2,68
		Sport	M	0,85	3,47	1,01	2,09	1,20	2,66
			SD	1,46	3,33	1,33	2,47	1,74	3,10
	-	WK	M	0,46	1,29	2,75	0,66	0,44	1,61
			SD	0,73	2,21	3,10	1,04	0,84	1,73
Männer	Frauen	Angst	M	0,91	2,63	1,39	1,64	0,40	2,16
			SD	2,05	3,48	1,22	2,79	1,03	2,63
		Sport	M	0,74	1,46	2,68	0,63	0,71	2,00
			SD	1,30	2,24	3,19	1,00	1,26	2,36
	Männer	Angst	M	0,30	0,96	2,35	0,39	0,46	1,34
			SD	0,51	1,55	3,20	0,54	0,70	1,54
		Sport	M	0,46	0,97	2,25	0,76	0,49	1,19
			SD	0,87	1,53	3,19	1,23	0,99	1,51
	-	WK	M	0,11	0,06	3,29	0,64	0,42	1,86
			SD	0,20	0,12	3,22	1,10	0,71	2,39
gesamt	Frauen	Angst	M	1,24	2,53	1,26	1,56	0,84	1,84
			SD	2,16	3,21	1,59	2,29	1,48	2,39
		Sport	M	0,64	1,44	2,43	0,58	0,70	1,75
			SD	1,04	1,84	3,06	0,85	1,27	2,17
	Männer	Angst	M	0,95	2,30	1,82	1,21	0,81	1,67
			SD	2,21	2,86	2,75	1,88	1,51	2,17
		Sport	M	0,65	2,22	1,63	1,43	0,84	1,93
			SD	1,20	2,84	2,48	2,03	1,43	2,51
	-	WK	M	0,29	0,68	3,02	0,65	0,43	1,74
			SD	0,55	1,66	3,11	1,05	0,76	2,05
gesamt	gesamt	Angst	M	1,09	2,42	1,54	1,39	0,82	1,76
			SD	2,04	2,61	2,01	1,75	1,36	2,02
		Sport	M	0,65	1,83	2,03	1,00	0,77	1,84
			SD	1,00	1,90	2,64	1,24	1,24	1,99

In der Tabelle 10-7 ist das Ergebnis der deskriptiven Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs eingetragen. In den Zellen ist der mittlere prozentuale Anteil (M) der positiven Rückmeldungen aller Darbietungen eines chemosensorischen Reizes eingetragen. Die zugehörigen Standardabweichungen (SD) sind jeweils den Zeilen darunter zu entnehmen.

Tabelle 10-7: Deskriptive Auswertung der Detektionsraten während des Scanvorgangs

			FA	FS	MA	MS	WK
Weibliche Wahrnehmende N = 14	Run 1	M	24,29	27,14	42,86	25,71	50,00
		SD	26,23	31,97	37,50	25,33	34,86
	Run 2	M	49,29	35,71	50,00	35,71	54,29
		SD	31,00	34,35	42,06	31,55	37,97
	Run 3	M	50,00	39,29	48,57	42,14	52,86
		SD	33,05	31,98	41,30	34,68	36,46
	Run 4	M	55,71	38,57	54,29	34,29	57,14
		SD	35,24	31,83	37,15	28,75	39,11
	gesamt	M	44,82	35,18	48,93	34,46	53,57
		SD	26,06	22,20	35,20	21,89	30,60
Männliche Wahrnehmende N = 14	Run 1	M	42,86	47,14	58,57	55,71	61,43
		SD	33,15	40,46	34,61	32,51	34,61
	Run 2	M	52,86	49,29	58,57	75,71	62,86
		SD	42,68	37,31	35,49	28,48	33,15
	Run 3	M	62,86	48,21	76,79	74,29	67,86
		SD	36,67	32,68	28,12	28,75	28,33
	Run 4	M	57,14	65,71	77,14	71,43	70,00
		SD	28,13	35,46	20,54	25,68	30,13
	gesamt	M	53,93	52,59	67,77	69,29	65,54
		SD	30,01	31,90	25,67	23,44	26,28
gesamt	Run 1	M	33,57	37,14	50,71	40,71	55,71
		SD	30,82	37,20	36,30	32,42	34,58
	Run 2	M	51,07	42,50	54,29	55,71	58,57
		SD	36,65	35,86	38,43	35,84	35,25
	Run 3	M	56,43	43,75	62,68	58,21	60,36
		SD	34,88	32,05	37,53	35,28	32,94
	Run 4	M	56,43	52,14	65,71	52,86	63,57
		SD	31,29	35,83	31,67	32,76	34,88
	gesamt	M	49,38	43,88	58,35	51,88	59,55
		SD	27,97	28,39	31,72	28,45	28,64

Die Tabelle 10-8 stellt das Ergebnis der deskriptiven Auswertung der Fragebogen zur Geruchsbeschreibung entlang des SIAS-Median-Splits dar. Es sind hier die Parameter Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) eingetragen.

Tabelle 10-8: Deskriptive Auswertung der Fragebögen zur Geruchsbeschreibung nach SIAS-Median-Split

			Frauen Wahrnehmende				Männer Wahrnehmende			
			SIAS niedrig N = 6		SIAS hoch N = 6		SIAS niedrig N = 7		SIAS hoch N = 6	
Fragebogen	Skala	Spendergeschlecht	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Quantitative Geruchsbeschreibung	Intensität	Frauen	-2	1,79	0,5	1,05	1,29	2,56	-1	1,79
		Männer	1,17	3,31	0,33	2,34	-0,57	1,4	0,5	1,38
	Angenehm	Frauen	-1,5	2,35	0,67	1,03	-0,86	2,73	-0,33	2,73
		Männer	-0,67	2,73	-0,67	2,07	-0,71	1,5	1,33	2,34
	Unangenehm	Frauen	-0,17	3,43	0,17	0,75	0,86	1,35	-1,83	2,48
		Männer	0,33	2,07	1,33	2,66	0,86	2,27	-0,5	2,17
	Bekannt	Frauen	-2	3,1	-1,33	2,94	0,71	1,11	-0,83	1,72
		Männer	1,67	2,88	0,33	1,97	-0,29	2,87	0,33	2,07
Emotionale Geruchsbeschreibung SAM	Valenz	Frauen	-1,5	1,38	-0,5	1,97	-1,14	1,68	0,17	1,33
		Männer	-0,67	1,03	1	2,61	-0,14	1,77	0,83	2,04
	Arousal	Frauen	0,67	2,25	0,33	1,75	0,43	2,37	0,17	0,75
		Männer	0,17	1,72	-0,5	2,66	-0,29	1,98	-1,17	1,17
	Dominanz	Frauen	-0,67	1,21	-0,67	1,51	-0,57	1,62	-0,17	1,6
		Männer	-0,17	0,75	0,5	2,17	-1	1,29	0,67	0,82
Emotionale Geruchsbeschreibung Basisemotionen	Angst	Frauen	1,77	3,01	0,47	0,37	0,97	2,34	-0,72	1,76
		Männer	2,05	3,05	-0,32	0,82	0,06	0,73	-0,43	0,54
	Freude	Frauen	-1,23	1,96	-1,22	2,7	-2,79	3,05	0,22	1,69
		Männer	-0,52	0,61	1,35	2,88	-1,06	2,94	1,47	2,33
	Ekel	Frauen	2,58	4,27	0,33	2,88	3,06	3,21	-0,85	2,54
		Männer	0,75	3,78	-0,75	4,43	0,21	2,12	-0,28	2,28
	Ärger	Frauen	1	2,04	1,23	1,18	2,04	2,84	-0,02	1,31
		Männer	0,93	2,07	-1,05	2,69	0,01	1,13	-0,88	0,97
	Traurig	Frauen	1,25	2,26	0,08	1,13	0,1	0,15	-0,83	1,4
		Männer	0,25	0,45	-0,35	1	-0,06	0,69	0,02	0,2
	Überraschung	Frauen	0,27	3,31	-0,25	1,41	0,21	2,93	0,12	0,82
		Männer	-0,37	1,1	-1,03	1,08	0,17	2,09	0,13	0,66

Im Folgenden werden die Ergebnisse der explorativen Datenanalyse „Signaldetektion in den ROI´s mit liberalem Signifikanzniveau“ dargestellt. Die Darstellung erfolgt über die Kontraste „Angst vs. Sport“ in tabellarischer und graphischer Form. Die Tabellen stellen jeweils SPÖ-Output-Tabellen dar. Die beiden letzten Spalten der Tabellen („label“, „mm“) sind ein Teil der Ergebnisse des SPM-tools „automated anatomical labeling“ (Tzourio-Mazoyer et al., 2002). Die Spalte „label“ beschreibt diejenige Hirnstruktur, welche dem lokalen Maximum am nächsten liegt. Die Spalte „mm“ gibt an, wie viel Millimeter das lokale Maximum von dieser Struktur entfernt ist. In den Abbildungen sind die Kontrastergebnisse in ein normalisiertes Hirn einer Vp projiziert.

In der Tabelle 10-9 und Tabelle 10-10 sowie in der Abbildung 10-1 sind die Ergebnisse der Kontrasts „Angst vs. Sport“ über alle Vpn dargestellt. Die Ergebnisse der Kontraste „Angst vs. Sport“ für männliche Wahrnehmende sind in der Tabelle 10-11 und Tabelle 10-12 sowie in der Abbildung 10-2 dargestellt. In der Tabelle 10-13 und Tabelle 10-14 sowie in der Abbildung 10-3 sind die Ergebnisse der Kontraste „Angst vs. Sport“ für männlicher Wahrnehmender im Falle der Wahrnehmung männlicher Spender und in Tabelle 10-15 und Tabelle 10-16 sowie in der Abbildung 10-4 im Falle weiblicher Spender dargestellt. Die Ergebnisse der Kontraste „Angst vs. Sport“ für weibliche Wahrnehmende sind in der Tabelle 10-17 und Tabelle 10-18 sowie in der Abbildung 10-5 dargestellt. In der Tabelle 10-19 und Tabelle 10-20 sowie in der Abbildung 10-6 sind die Ergebnisse der Kontraste „Angst vs. Sport“ für weibliche Wahrnehmende im Falle der Wahrnehmung männlicher Spender und in Tabelle 10-21 und Tabelle 10-22 sowie in Abbildung 10-7 der im Falle weiblicher Spender dargestellt.

Tabelle 10-9: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Angst > Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.000	3615	0.000	0.145	0.214	4.35	4.24	0.000	9 -21 -18	ParaHippocampal_R	9.49
			0.756	0.399	3.66	3.59	0.000	36 -39 -18	Fusiform_R	0.00
			0.814	0.399	3.60	3.53	0.000	54 -6 -12	Temporal_Sup_R	0.00
1.000	114	0.233	1.000	0.399	2.80	2.77	0.003	-9 0 75	Supp_Motor_Area_L	0.00
			1.000	0.417	2.63	2.60	0.005	6 24 66	Supp_Motor_Area_R	0.00
			1.000	0.417	2.57	2.54	0.006	21 18 66	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	59	0.391	1.000	0.417	2.60	2.57	0.005	60 -54 30	Angular_R	0.00
			1.000	0.515	1.97	1.96	0.025	63 -42 21	Temporal_Sup_R	0.00
			1.000	0.518	1.95	1.95	0.026	48 -54 30	Angular_R	0.00
1.000	32	0.536	1.000	0.417	2.56	2.54	0.006	51 -57 -18	Temporal_Inf_R	0.00
			1.000	0.489	2.19	2.18	0.015	45 -66 -18	Fusiform_R	0.00
			1.000	0.526	1.83	1.83	0.034	39 -72 -18	Fusiform_R	0.00
1.000	17	0.664	1.000	0.417	2.56	2.53	0.006	-48 -72 33	Angular_L	0.00
1.000	73	0.339	1.000	0.425	2.46	2.44	0.007	45 12 45	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	46	0.452	1.000	0.425	2.46	2.44	0.007	-60 -42 21	Temporal_Sup_L	0.00
1.000	26	0.581	1.000	0.432	2.43	2.41	0.008	3 -12 21	Thalamus_R	4.24
1.000	65	0.368	1.000	0.443	2.41	2.39	0.008	0 45 54	Frontal_Sup_Medial_L	1.00
			1.000	0.515	1.98	1.97	0.024	12 39 57	Frontal_Sup_Medial_R	1.41
			1.000	0.521	1.92	1.91	0.028	21 42 51	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	31	0.543	1.000	0.448	2.39	2.37	0.009	-63 -18 -3	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	29	0.557	1.000	0.452	2.36	2.34	0.010	33 -33 36	Postcentral_R	2.45
1.000	39	0.491	1.000	0.467	2.31	2.30	0.011	-18 -84 39	Occipital_Sup_L	0.00
			1.000	0.500	2.16	2.14	0.016	-12 -81 48	Parietal_Sup_L	0.00
1.000	61	0.383	1.000	0.467	2.31	2.29	0.011	-60 -48 39	Parietal_Inf_L	0.00
			1.000	0.516	1.96	1.96	0.025	-45 -51 36	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	110	0.241	1.000	0.470	2.29	2.28	0.011	0 33 27	Cingulum_Ant_L	0.00
			1.000	0.507	2.09	2.08	0.019	-6 27 39	Frontal_Sup_Medial_L	0.00
1.000	20	0.634	1.000	0.471	2.28	2.27	0.012	3 3 -18	Olfactory_R	7.87
1.000	17	0.664	1.000	0.482	2.25	2.24	0.013	48 -33 36	SupraMarginal_R	2.24
1.000	30	0.550	1.000	0.486	2.22	2.21	0.014	30 60 21	Frontal_Mid_R	0.00
			1.000	0.524	1.90	1.89	0.029	42 45 21	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	11	0.736	1.000	0.488	2.21	2.19	0.014	-24 12 -21	Insula_L	0.00
1.000	9	0.765	1.000	0.513	2.05	2.04	0.021	33 -30 12	Heschl_R	0.00
1.000	17	0.664	1.000	0.513	2.05	2.04	0.021	18 -75 -18	Cerebelum_6_R	0.00
1.000	12	0.723	1.000	0.515	2.01	2.00	0.023	-48 21 6	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	7	0.797	1.000	0.515	1.99	1.98	0.024	33 33 51	Frontal_Mid_R	1.73
1.000	4	0.856	1.000	0.515	1.99	1.98	0.024	-21 48 45	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	5	0.834	1.000	0.515	1.98	1.98	0.024	42 27 48	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	10	0.750	1.000	0.519	1.94	1.94	0.026	-39 3 3	Insula_L	0.00
1.000	5	0.834	1.000	0.519	1.94	1.94	0.026	-27 -33 15	Heschl_L	5.20
1.000	4	0.856	1.000	0.521	1.92	1.91	0.028	39 3 60	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	8	0.781	1.000	0.521	1.92	1.91	0.028	-51 3 -33	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	7	0.797	1.000	0.524	1.90	1.90	0.029	27 9 -9	Putamen_R	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.524	1.90	1.89	0.029	-12 57 42	Frontal_Sup_L	1.00
1.000	2	0.906	1.000	0.524	1.89	1.88	0.030	6 -84 -15	Vermis_6	2.24
1.000	3	0.879	1.000	0.524	1.88	1.88	0.030	36 -63 12	Calcarine_R	4.58
1.000	9	0.765	1.000	0.524	1.88	1.88	0.030	30 -81 39	Occipital_Sup_R	0.00
1.000	4	0.856	1.000	0.524	1.88	1.87	0.031	39 -72 45	Angular_R	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.524	1.87	1.86	0.031	36 -66 54	Parietal_Sup_R	0.00

1.000	2	0.906	1.000	0.524	1.85	1.84	0.033	-33 6 66	Frontal_Mid_L	2.24
1.000	9	0.765	1.000	0.526	1.82	1.81	0.035	0 -30 27	Cingulum_Mid_R	3.00
1.000	3	0.879	1.000	0.526	1.81	1.81	0.035	60 -42 42	SupraMarginal_R	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.526	1.81	1.81	0.035	57 -33 51	Parietal_Inf_R	0.00
1.000	3	0.879	1.000	0.526	1.80	1.80	0.036	-48 9 51	Frontal_Mid_L	0.00
1.000	3	0.879	1.000	0.526	1.80	1.80	0.036	27 -45 0	Precuneus_R	3.16
1.000	1	0.940	1.000	0.531	1.78	1.78	0.038	15 -93 -6	Calcarine_R	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.532	1.77	1.77	0.039	21 -12 39	Cingulum_Mid_R	6.16
1.000	2	0.906	1.000	0.535	1.75	1.75	0.040	-12 -39 36	Cingulum_Mid_L	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.535	1.75	1.75	0.040	0 66 21	Frontal_Sup_Medial_L	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.536	1.75	1.75	0.040	12 6 48	Supp_Motor_Area_R	0.00
1.000	5	0.834	1.000	0.537	1.72	1.72	0.043	54 -12 42	Precentral_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.537	1.71	1.72	0.043	6 -6 6	Thalamus_R	2.00
1.000	1	0.940	1.000	0.537	1.71	1.71	0.043	-45 -54 54	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.537	1.71	1.71	0.044	-9 -87 -15	Lingual_L	0.00
1.000	2	0.906	1.000	0.537	1.70	1.70	0.044	-33 -84 30	Occipital_Mid_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.539	1.69	1.70	0.045	21 3 -6	Pallidum_R	1.41
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.68	1.69	0.046	45 -45 51	Parietal_Inf_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.68	1.69	0.046	-48 -60 -21	Fusiform_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.68	1.68	0.046	-21 -69 18	Calcarine_L	3.16
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.68	1.68	0.046	-6 -15 9	Thalamus_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.67	1.67	0.047	-27 -93 -6	Occipital_Inf_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.66	1.66	0.048	-57 -9 -21	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.540	1.66	1.66	0.048	33 -90 -3	Occipital_Inf_R	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.65, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 86.315

Expected number of clusters, <c> = 46.91

Expected false discovery rate, <= 0.54

Degrees of freedom = [1.0, 188.8]

Smoothness FWHM = 12.8 14.1 13.5 {mm} = 4.3 4.7 4.5 {voxels}

Search vol: 1331235 cmm; 49305 voxels; 490.0 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 89.98 voxels)

==========

Tabelle 10-10: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Sport > Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.811	396	0.036	0.971	1.000	3.32	3.27	0.001	-30 15 33	Frontal_Mid_L	0.00
			0.980	1.000	3.28	3.23	0.001	-18 21 24	Caudate_L	7.81
			0.997	1.000	3.12	3.07	0.001	-12 51 30	Frontal_Sup_L	0.00
0.818	392	0.036	0.989	1.000	3.22	3.17	0.001	-27 -3 39	Precentral_L	5.92
			1.000	1.000	2.90	2.86	0.002	-18 -27 30	Caudate_L	8.31
			1.000	1.000	2.46	2.44	0.007	-30 -21 48	Precentral_L	0.00
1.000	144	0.183	0.997	1.000	3.13	3.08	0.001	24 6 39	Frontal_Mid_R	5.00
			1.000	1.000	2.84	2.81	0.002	21 15 39	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	108	0.246	0.999	1.000	3.04	3.00	0.001	-21 33 -9	Frontal_Inf_Orb_L	0.00
			1.000	1.000	2.83	2.80	0.003	-6 27 0	Olfactory_L	2.24
1.000	26	0.581	1.000	1.000	2.65	2.63	0.004	21 45 -9	Frontal_Sup_Orb_R	3.32
1.000	34	0.522	1.000	1.000	2.52	2.50	0.006	-42 -3 30	Precentral_L	0.00
			1.000	1.000	1.83	1.83	0.034	-51 -3 33	Precentral_L	0.00
1.000	17	0.664	1.000	1.000	1.92	1.91	0.028	9 -12 54	Supp_Motor_Area_R	0.00
1.000	6	0.815	1.000	1.000	1.87	1.87	0.031	51 -63 15	Temporal_Mid_R	0.00
1.000	2	0.906	1.000	1.000	1.85	1.85	0.033	27 -15 57	Precentral_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.71	1.71	0.043	21 -39 48	Precuneus_R	3.74
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.70	1.71	0.044	15 -33 66	Precentral_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.68	1.68	0.046	-15 60 18	Frontal_Sup_L	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.65, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 86.315

Expected number of clusters, <c> = 46.91

Expected false discovery rate, <= 1.00

Degrees of freedom = [1.0, 188.8]

Smoothness FWHM = 12.8 14.1 13.5 {mm} = 4.3 4.7 4.5 {voxels}

Search vol: 1331235 cmm; 49305 voxels; 490.0 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 89.98 voxels)

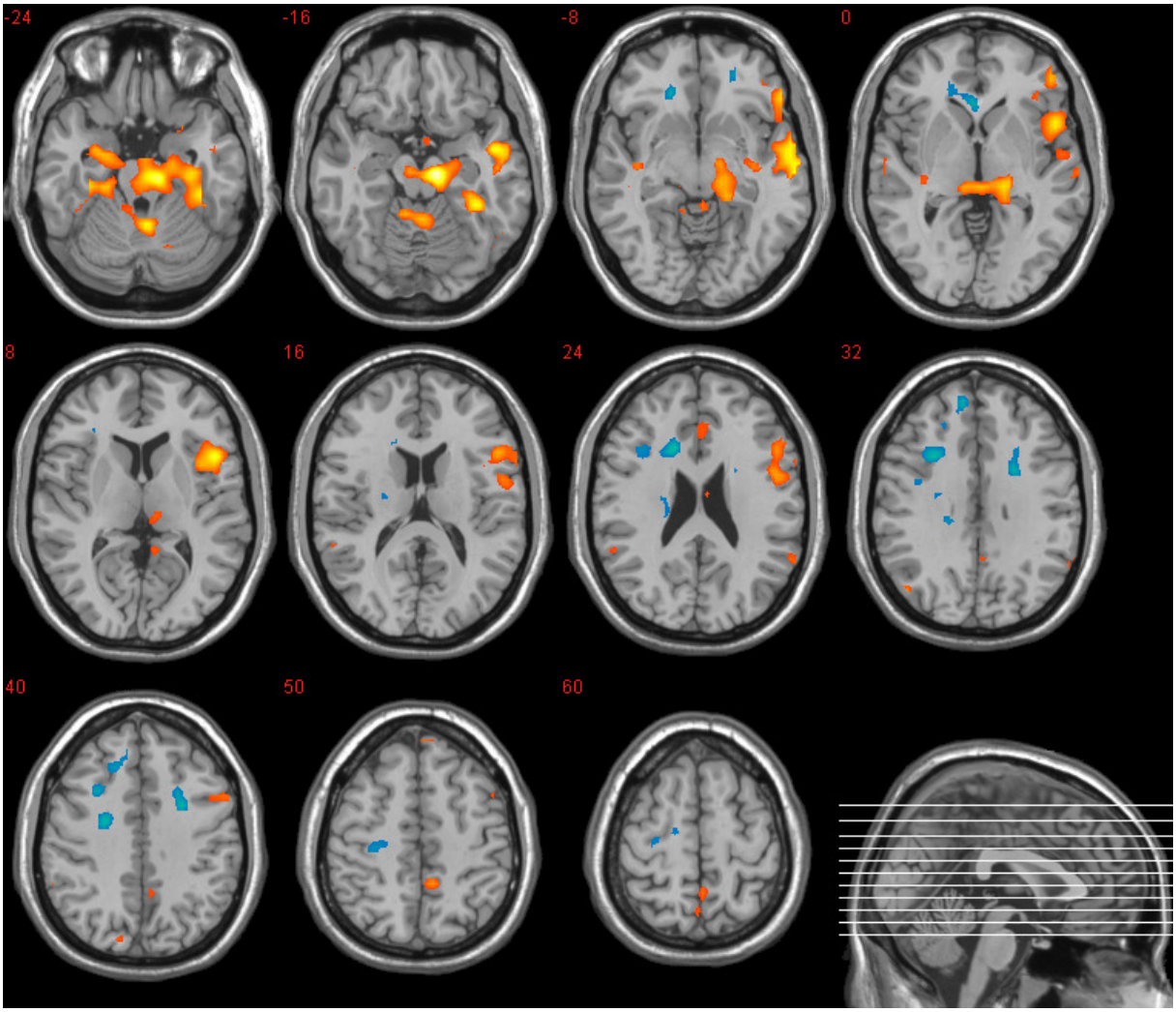


Abbildung 10-1: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Angst (rot) vs. Sport (blau)“

Tabelle 10-11: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Angst > Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.000	3620	0.000	0.158	0.214	4.47	4.24	0.000	36 -33 -21	Fusiform_R	0.00
			0.260	0.214	4.29	4.08	0.000	9 -21 -18	ParaHippocampal_R	9.49
			0.503	0.214	4.01	3.84	0.000	33 9 -36	Temporal_Pole_Mid_R	0.00
0.336	682	0.008	0.949	0.274	3.47	3.36	0.000	45 15 6	Frontal_Inf_Oper_R	0.00
			0.999	0.315	3.13	3.04	0.001	48 6 24	Frontal_Inf_Oper_R	0.00
			0.999	0.315	3.08	3.00	0.001	45 42 -6	Frontal_Inf_Orb_R	0.00
0.835	390	0.037	0.989	0.289	3.30	3.19	0.001	-3 -45 69	Precuneus_L	0.00
			1000	0.316	3.05	2.97	0.001	12 -54 57	Precuneus_R	0.00
			1000	0.346	2.75	2.68	0.004	6 -45 51	Precuneus_R	0.00
0.965	285	0.069	0.995	0.307	3.24	3.14	0.001	36 -30 33	SupraMarginal_R	4.12
			1000	0.358	2.64	2.58	0.005	54 -39 54	Parietal_Inf_R	0.00
			1000	0.372	2.51	2.47	0.007	33 -30 51	Postcentral_R	0.00
1000	114	0.235	1000	0.332	2.89	2.82	0.002	54 -48 21	Temporal_Sup_R	0.00
			1000	0.406	2.14	2.11	0.018	66 -42 18	Temporal_Sup_R	0.00
			1000	0.423	1.94	1.92	0.028	63 -48 9	Temporal_Mid_R	0.00
1000	101	0.263	1000	0.339	2.80	2.74	0.003	-9 0 75	Supp_Motor_Area_L	0.00
			1000	0.372	2.50	2.46	0.007	21 15 69	Frontal_Sup_R	3.32
			1000	0.416	2.05	2.02	0.021	3 9 69	Supp_Motor_Area_R	0.00
1000	98	0.270	1000	0.349	2.72	2.66	0.004	-9 24 39	Frontal_Sup_Medial_L	0.00
			1000	0.379	2.42	2.38	0.009	-3 33 27	Cingulum_Ant_L	0.00
1000	43	0.470	1000	0.358	2.63	2.58	0.005	-24 -42 30	Angular_L	10.77
			1000	0.423	1.96	1.94	0.026	-33 -39 33	Parietal_Inf_L	4.36
1000	18	0.655	1000	0.358	2.58	2.53	0.006	36 -63 12	Calcarine_R	4.58
1000	15	0.688	1000	0.382	2.38	2.34	0.010	0 -9 21	Thalamus_L	5.10
1000	16	0.676	1000	0.399	2.28	2.24	0.012	-48 24 3	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1000	13	0.711	1000	0.401	2.25	2.22	0.013	54 -51 -18	Temporal_Inf_R	0.00
1000	15	0.688	1000	0.404	2.20	2.17	0.015	12 36 54	Frontal_Sup_Medial_R	0.00
1000	17	0.666	1000	0.405	2.15	2.12	0.017	-3 18 54	Supp_Motor_Area_L	0.00
1000	5	0.835	1000	0.405	2.14	2.11	0.017	15 9 48	Frontal_Sup_R	0.00
1000	9	0.766	1000	0.407	2.13	2.10	0.018	0 3 -18	Olfactory_L	6.71
1000	49	0.438	1000	0.409	2.11	2.08	0.019	54 -15 42	Precentral_R	0.00
			1000	0.423	1.93	1.91	0.028	57 -15 30	Postcentral_R	0.00
1000	10	0.751	1000	0.416	2.06	2.03	0.021	-33 -69 9	Temporal_Mid_L	4.36
1000	4	0.856	1000	0.417	2.02	2.00	0.023	33 30 54	Frontal_Mid_R	2.24
1000	4	0.856	1000	0.418	2.00	1.98	0.024	-33 9 66	Frontal_Mid_L	2.45
1000	12	0.724	1000	0.423	1.96	1.94	0.026	-3 -24 27	Cingulum_Mid_R	4.24
1000	2	0.907	1000	0.423	1.95	1.93	0.027	60 0 39	Precentral_R	0.00
1000	12	0.724	1000	0.423	1.94	1.92	0.028	-36 51 30	Frontal_Mid_L	0.00
1000	4	0.856	1000	0.424	1.91	1.89	0.029	12 -90 -9	Lingual_R	0.00
1000	8	0.782	1000	0.426	1.90	1.88	0.030	-129	Occipital_Inf_L	0.00
1000	1	0.940	1000	0.426	1.88	1.86	0.031	-24 48 45	Frontal_Sup_L	2.24
1000	6	0.816	1000	0.426	1.87	1.86	0.032	-36 -54 12	Temporal_Mid_L	4.00
1000	4	0.856	1000	0.428	1.87	1.85	0.032	-48 12 48	Frontal_Mid_L	0.00
1000	2	0.907	1000	0.430	1.86	1.84	0.033	18 6 -6	Putamen_R	0.00
1000	3	0.880	1000	0.432	1.84	1.82	0.034	42 3 60	Frontal_Mid_R	0.00
1000	16	0.676	1000	0.432	1.84	1.82	0.034	18 27 24	Cingulum_Ant_R	2.24
1000	8	0.782	1000	0.434	1.82	1.81	0.035	24 -78 -15	Fusiform_R	0.00
1000	2	0.907	1000	0.434	1.81	1.80	0.036	27 -63 -24	Cerebelum_6_R	0.00

1000	2	0.907	1000	0.434	1.81	1.80	0.036	-21 -33 54	Postcentral_L	2.45
1000	4	0.856	1000	0.434	1.81	1.80	0.036	42 -72 -15	Occipital_Inf_R	0.00
1000	5	0.835	1000	0.439	1.77	1.76	0.039	30 -75 39	Occipital_Sup_R	0.00
1000	2	0.907	1000	0.439	1.77	1.76	0.039	-39	Pallidum_L	0.00
1000	6	0.816	1000	0.446	1.74	1.73	0.042	-24 -72 15	Calcarine_L	3.61
1000	2	0.907	1000	0.446	1.74	1.73	0.042	-12 -12 12	Thalamus_L	0.00
1000	1	0.940	1000	0.448	1.72	1.71	0.043	-39 -78 30	Occipital_Mid_L	0.00
1000	2	0.907	1000	0.449	1.72	1.71	0.044	24 15 -9	Putamen_R	0.00
1000	1	0.940	1000	0.452	1.69	1.69	0.046	-9 -90 -12	Calcarine_L	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 87.002

Expected number of clusters, <c> = 48.27

Expected false discovery rate, <= 0.46

Degrees of freedom = [1.0, 91.0]

Smoothness FWHM = 12.8 14.2 13.7 {mm} = 4.3 4.7 4.6 {voxels}

Search vol: 1383264 cmm; 51232 voxels; 499.7 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 91.75 voxels)

==========

Tabelle 10-12: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Sport > Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
1.000	112	0.239	0.702	1.000	3.82	3.67	0.000	-6 27 0	Olfactory_L	2.24
			0.999	1.000	3.08	3.00	0.001	-21 33 -9	Frontal_Inf_Orb_L	0.00
0.975	270	0.076	0.949	1.000	3.47	3.36	0.000	-30 15 36	Frontal_Mid_L	0.00
			1.000	1.000	2.86	2.79	0.003	-33 -12 60	Precentral_L	0.00
			1.000	1.000	2.79	2.73	0.003	-24 0 39	Frontal_Sup_L	7.00
1.000	34	0.524	1.000	1.000	2.63	2.57	0.005	-33 -18 42	Precentral_L	0.00
1.000	54	0.415	1.000	1.000	2.59	2.54	0.006	21 6 33	Cingulum_Mid_R	8.60
			1.000	1.000	2.41	2.37	0.009	24 3 45	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	64	0.373	1.000	1.000	2.44	2.40	0.008	-12 51 33	Frontal_Sup_L	0.00
			1.000	1.000	2.36	2.32	0.010	-24 36 36	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	19	0.645	1.000	1.000	2.30	2.27	0.012	51 -63 15	Temporal_Mid_R	0.00
1.000	17	0.666	1.000	1.000	2.20	2.17	0.015	18 63 -9	Frontal_Sup_Orb_R	0.00
			1.000	1.000	1.95	1.93	0.027	12 57 -12	Frontal_Med_Orb_R	0.00
1.000	10	0.751	1.000	1.000	2.17	2.14	0.016	-39 15 -15	Insula_L	0.00
1.000	3	0.880	1.000	1.000	2.08	2.05	0.020	-15 -27 30	Cingulum_Mid_L	6.16
1.000	5	0.835	1.000	1.000	2.00	1.97	0.024	-48 45 3	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	12	0.724	1.000	1.000	1.98	1.96	0.025	15 -6 63	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	8	0.782	1.000	1.000	1.95	1.93	0.027	-51 0 33	Precentral_L	0.00
1.000	5	0.835	1.000	1.000	1.93	1.91	0.028	9 21 -6	Caudate_R	1.41
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.79	1.78	0.038	15 -84 21	Cuneus_R	0.00
1.000	5	0.835	1.000	1.000	1.77	1.76	0.040	-42 -36 63	Postcentral_L	0.00
1.000	3	0.880	1.000	1.000	1.75	1.74	0.041	-33 -69 39	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.72	1.71	0.044	27 -12 57	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.69	1.69	0.046	-27 60 -6	Frontal_Sup_Orb_L	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 87.002

Expected number of clusters, <c> = 48.27

Expected false discovery rate, <= 1.00

Degrees of freedom = [1.0, 91.0]

Smoothness FWHM = 12.8 14.2 13.7 {mm} = 4.3 4.7 4.6 {voxels}

Search vol: 1383264 cmm; 51232 voxels; 499.7 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 91.75 voxels)

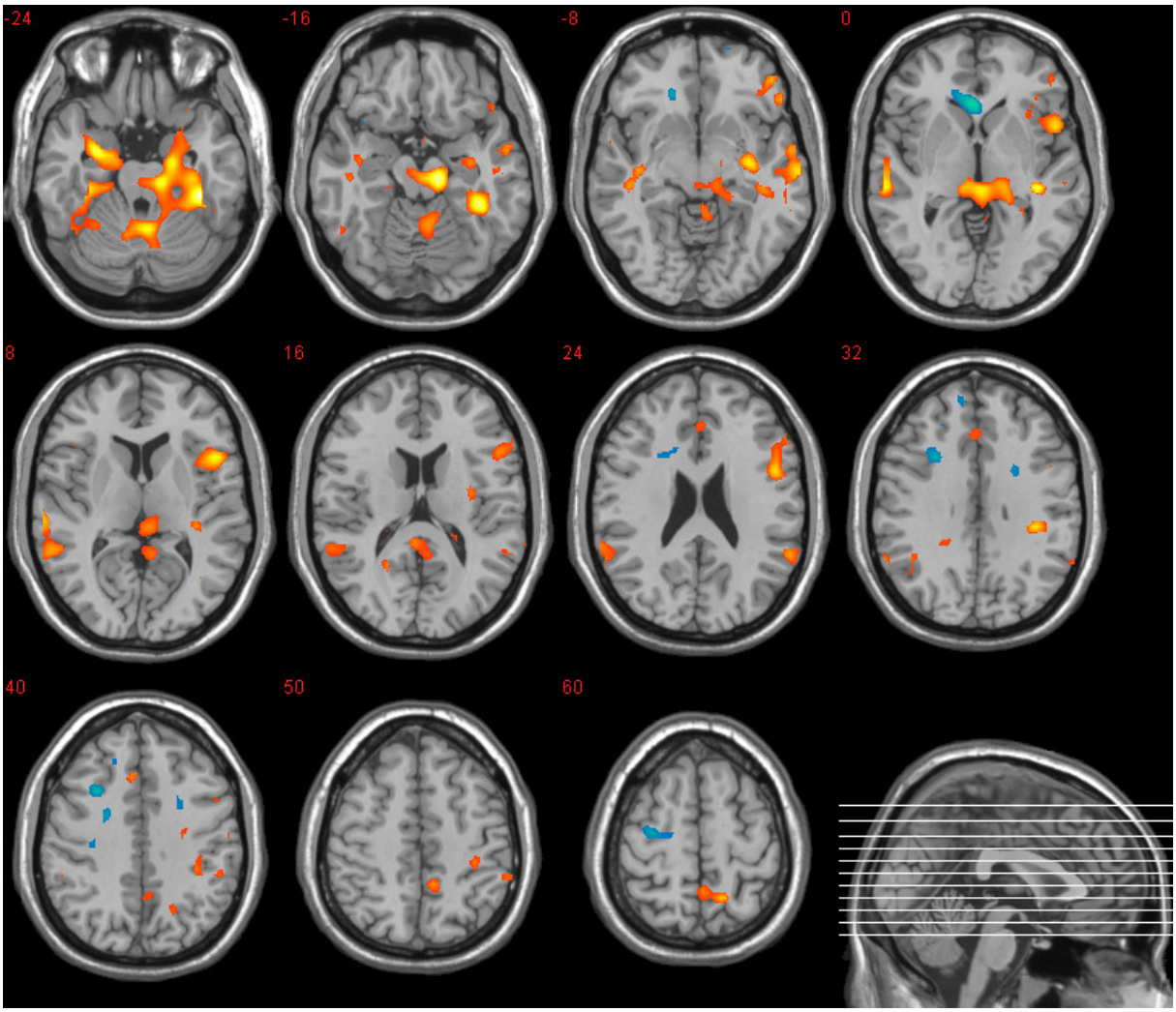


Abbildung 10-2: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Angst (rot) vs. Sport (blau)“

Tabelle 10-13: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.000	4781	0.000	0.133	0.185	4.53	4.29	0.000	36 -27 0	Insula_R	5.39
			0.601	0.185	3.92	3.75	0.000	39 -33 33	SupraMarginal_R	4.36
			0.627	0.185	3.89	3.73	0.000	54 -36 51	Parietal_Inf_R	0.00
1.000	76	0.331	1.000	0.225	2.93	2.85	0.002	-30 -45 -12	Fusiform_L	0.00
			1.000	0.316	2.44	2.40	0.008	-18 -42 -9	Lingual_L	0.00
1.000	56	0.406	1.000	0.230	2.90	2.83	0.002	-45 -15 -21	Temporal_Inf_L	1.73
			1.000	0.374	2.24	2.21	0.014	-42 -15 -12	Temporal_Sup_L	2.24
			1.000	0.455	1.83	1.81	0.035	-57 -9 -21	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	34	0.524	1.000	0.270	2.70	2.64	0.004	60 -3 -9	Temporal_Sup_R	0.00
1.000	41	0.481	1.000	0.270	2.68	2.63	0.004	-36 3 -27	Temporal_Mid_L	2.45
			1.000	0.439	1.93	1.91	0.028	-33 6 -36	Temporal_Pole_Mid_L	0.00
1.000	102	0.261	1.000	0.286	2.60	2.55	0.005	-48 -54 -24	Temporal_Inf_L	0.00
			1.000	0.288	2.58	2.53	0.006	-36 -30 -24	Fusiform_L	0.00
			1.000	0.315	2.45	2.41	0.008	-33 -51 -24	Cerebelum_6_L	0.00
1.000	36	0.511	1.000	0.382	2.19	2.16	0.015	24 12 69	Frontal_Sup_R	1.00
			1.000	0.396	2.11	2.08	0.019	9 6 72	Supp_Motor_Area_R	0.00
			1.000	0.435	1.95	1.93	0.027	15 24 66	Supp_Motor_Area_R	1.00
1.000	15	0.688	1.000	0.386	2.16	2.13	0.016	-21 33 9	Insula_L	5.92
1.000	6	0.816	1.000	0.388	2.15	2.12	0.017	33 30 54	Frontal_Mid_R	2.24
1.000	8	0.782	1.000	0.391	2.14	2.11	0.017	9 -87 -12	Lingual_R	0.00
1.000	16	0.676	1.000	0.405	2.08	2.06	0.020	-66 -24 6	Temporal_Sup_L	0.00
1.000	17	0.666	1.000	0.410	2.07	2.04	0.021	-27 -42 30	Angular_L	9.43
1.000	6	0.816	1.000	0.410	2.07	2.04	0.021	15 6 48	Supp_Motor_Area_R	1.00
1.000	43	0.470	1.000	0.414	2.05	2.02	0.022	54 -51 -18	Temporal_Inf_R	0.00
			1.000	0.433	1.96	1.94	0.026	30 -66 -21	Cerebelum_6_R	0.00
			1.000	0.447	1.87	1.85	0.032	45 -72 -12	Occipital_Inf_R	0.00
1.000	11	0.737	1.000	0.432	1.96	1.94	0.026	-12 0 75	Supp_Motor_Area_L	0.00
1.000	7	0.798	1.000	0.442	1.89	1.88	0.030	6 -6 9	Thalamus_R	2.24
1.000	5	0.835	1.000	0.448	1.87	1.85	0.032	-15 -42 36	Cingulum_Mid_L	0.00
1.000	3	0.880	1.000	0.449	1.86	1.85	0.032	0 6 -18	Olfactory_L	4.90
1.000	4	0.856	1.000	0.450	1.86	1.84	0.033	33 6 -12	Putamen_R	3.61
1.000	3	0.880	1.000	0.456	1.82	1.81	0.035	-9 24 39	Frontal_Sup_Medial_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.466	1.77	1.76	0.039	9 36 54	Frontal_Sup_Medial_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.469	1.75	1.74	0.041	24 36 -9	Frontal_Inf_Orb_R	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.469	1.75	1.74	0.041	-15 -15 -21	ParaHippocampal_L	1.73
1.000	6	0.816	1.000	0.472	1.73	1.73	0.042	39 -60 48	Angular_R	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.476	1.72	1.71	0.043	18 24 18	Caudate_R	4.90
1.000	2	0.907	1.000	0.476	1.72	1.71	0.044	-24 -57 21	Cuneus_L	5.10
1.000	2	0.907	1.000	0.476	1.72	1.71	0.044	12 -33 27	Cingulum_Mid_R	3.16
1.000	2	0.907	1.000	0.477	1.70	1.70	0.045	-51 -24 -15	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.481	1.68	1.67	0.047	-9 -90 -12	Calcarine_L	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.481	1.68	1.67	0.047	54 18 36	Frontal_Inf_Oper_R	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 87.002
Expected number of clusters, <c> = 48.27
Expected false discovery rate, <= 0.48
Degrees of freedom = [1.0, 91.0]
Smoothness FWHM = 12.8 14.2 13.7 {mm} = 4.3 4.7 4.6 {voxels}
Search vol: 1383264 cmm; 51232 voxels; 499.7 resels
Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 91.75 voxels)
==========

Tabelle 10-14: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.976	268	0.077	0.999	1.000	3.10	3.01	0.001	-15 -24 30	Cingulum_Mid_L	6.40
			0.999	1.000	3.09	3.01	0.001	-27 0 39	Precentral_L	5.83
			1.000	1.000	3.05	2.97	0.002	-9 -18 27	Cingulum_Mid_L	5.10
1.000	105	0.254	1.000	1.000	2.49	2.45	0.007	-24 36 33	Frontal_Sup_L	0.00
			1.000	1.000	2.46	2.42	0.008	-15 48 36	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	70	0.351	1.000	1.000	2.42	2.38	0.009	-36 45 9	Frontal_Mid_L	0.00
			1.000	1.000	1.94	1.92	0.028	-33 39 -3	Frontal_Inf_Orb_L	1.73
1.000	13	0.711	1.000	1.000	2.41	2.37	0.009	-21 33 -9	Frontal_Inf_Orb_L	0.00
1.000	19	0.645	1.000	1.000	2.35	2.31	0.010	24 6 36	Frontal_Inf_Oper_R	6.32
1.000	20	0.635	1.000	1.000	2.29	2.26	0.012	-33 -12 60	Precentral_L	0.00
1.000	42	0.475	1.000	1.000	2.24	2.21	0.014	-21 57 12	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	15	0.688	1.000	1.000	2.15	2.12	0.017	-24 57 -6	Frontal_Sup_Orb_L	0.00
1.000	5	0.835	1.000	1.000	2.11	2.09	0.018	15 66 -6	Frontal_Sup_Orb_R	0.00
1.000	29	0.559	1.000	1.000	2.11	2.08	0.019	-39 -12 42	Precentral_L	0.00
			1.000	1.000	1.86	1.84	0.033	-39 3 48	Precentral_L	0.00
1.000	16	0.676	1.000	1.000	2.07	2.04	0.021	-36 9 -9	Insula_L	0.00
1.000	5	0.835	1.000	1.000	1.96	1.94	0.026	-18 -18 45	Cingulum_Mid_L	4.12
1.000	6	0.816	1.000	1.000	1.94	1.92	0.027	-42 12 12	Frontal_Inf_Oper_L	0.00
1.000	14	0.699	1.000	1.000	1.89	1.88	0.030	-9 27 0	Caudate_L	3.16
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.87	1.85	0.032	-27 -21 18	Insula_L	5.10
1.000	3	0.880	1.000	1.000	1.78	1.77	0.038	-51 42 -3	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	3	0.880	1.000	1.000	1.76	1.75	0.040	-54 -9 21	Postcentral_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	1.000	1.70	1.69	0.045	-15 9 30	Cingulum_Mid_L	5.48

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 87.002

Expected number of clusters, <c> = 48.27

Expected false discovery rate, <= 1.00

Degrees of freedom = [1.0, 91.0]

Smoothness FWHM = 12.8 14.2 13.7 {mm} = 4.3 4.7 4.6 {voxels}

Search vol: 1383264 cmm; 51232 voxels; 499.7 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 91.75 voxels)

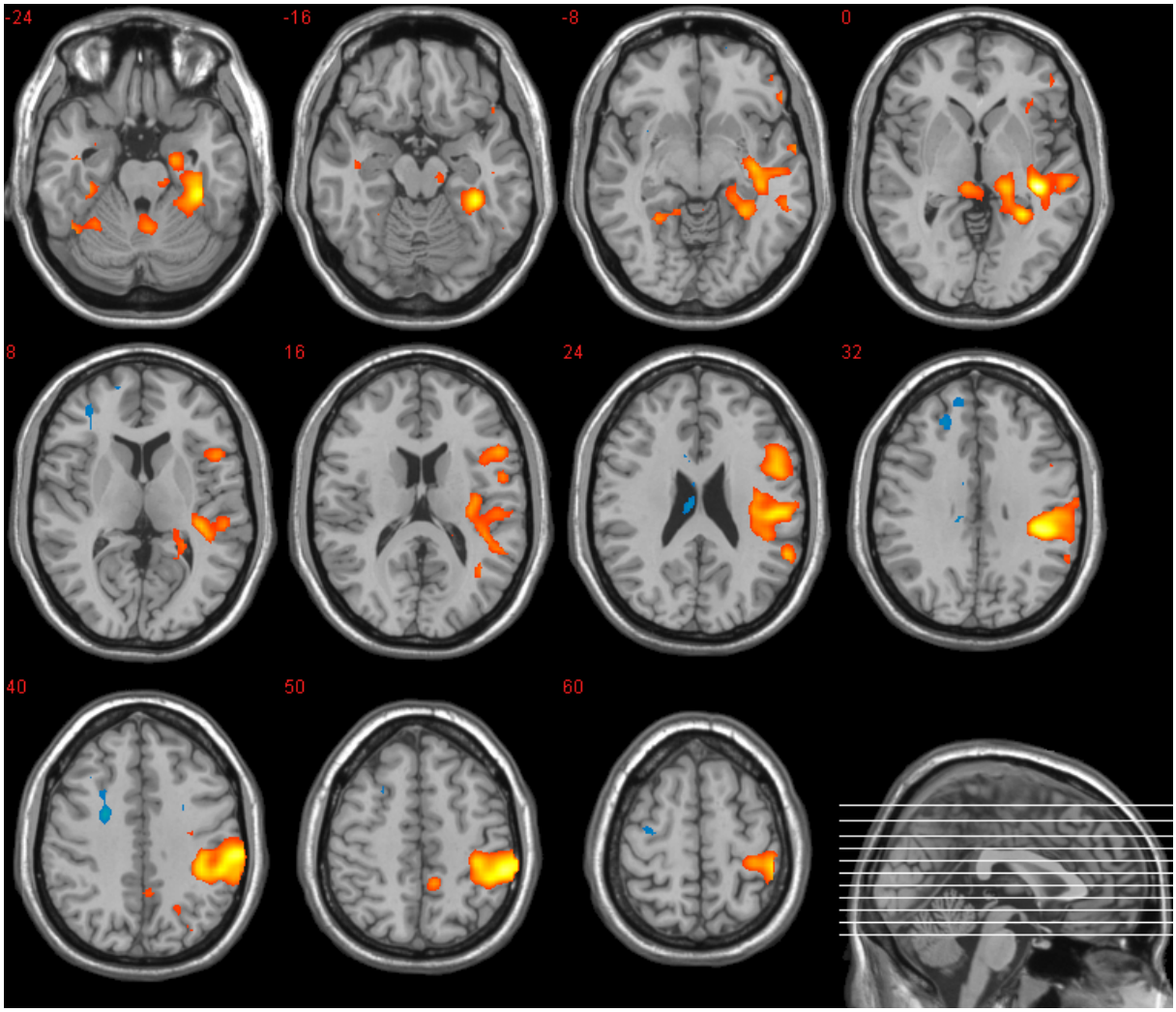


Abbildung 10-3: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Männer Angst (rot) vs. Männer Sport (blau)“

Tabelle 10-15: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.120	947	0.003	0.847	0.872	3.65	3.52	0.000	-60 -18 -3	Temporal_Mid_L	0.00
			0.976	0.872	3.38	3.27	0.001	-60 -27 0	Temporal_Mid_L	0.00
			0.993	0.872	3.26	3.16	0.001	-48 -30 -3	Temporal_Mid_L	0.00
0.921	331	0.053	0.975	0.872	3.38	3.27	0.001	9 -21 -18	ParaHippocampal_R	9.49
			1.000	0.872	2.74	2.68	0.004	0 -24 -15	Vermis_1_2	12.0
			1.000	0.872	2.53	2.48	0.007	-6 -15 -12	Hippocampus_L	10.0
0.987	244	0.090	0.996	0.872	3.21	3.12	0.001	-33 -3 -24	Hippocampus_L	2.45
			1.000	0.872	3.04	2.96	0.002	-21 -9 -24	Hippocampus_L	0.00
			1.000	0.872	2.58	2.53	0.006	-45 6 -24	Temporal_Pole_Sup_L	0.00
1.000	39	0.493	1.000	0.872	3.02	2.94	0.002	39 -36 -21	Fusiform_R	0.00
1.000	57	0.402	1.000	0.872	3.02	2.94	0.002	45 12 -39	Temporal_Pole_Mid_R	0.00
1.000	92	0.285	1.000	0.872	3.01	2.93	0.002	0 -9 24	Cingulum_Mid_R	6.08
			1.000	0.872	2.96	2.88	0.002	-9 -24 27	Cingulum_Mid_L	5.10
1.000	79	0.322	1.000	0.872	2.59	2.53	0.006	-3 36 27	Cingulum_Ant_L	0.00
			1.000	0.872	1.86	1.84	0.033	-6 27 36	Frontal_Sup_Medial_L	0.00
1.000	34	0.524	1.000	0.872	2.54	2.49	0.006	-48 21 6	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	22	0.617	1.000	0.872	2.50	2.45	0.007	-21 -33 54	Postcentral_L	2.45
1.000	41	0.481	1.000	0.872	2.48	2.43	0.007	48 12 3	Frontal_Inf_Oper_R	0.00
1.000	26	0.583	1.000	0.872	2.47	2.42	0.008	-6 -30 66	Paracentral_Lobule_L	0.00
1.000	10	0.751	1.000	0.872	2.46	2.41	0.008	-15 6 33	Cingulum_Mid_L	5.10
1.000	25	0.591	1.000	0.872	2.39	2.34	0.010	-15 -12 33	Cingulum_Mid_L	5.10
1.000	29	0.559	1.000	0.872	2.38	2.34	0.010	63 -18 -9	Temporal_Mid_R	0.00
			1.000	0.872	2.02	2.00	0.023	54 -3 -15	Temporal_Sup_R	0.00
1.000	7	0.798	1.000	0.872	2.36	2.32	0.010	-36 -69 12	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	16	0.676	1.000	0.872	2.32	2.28	0.011	57 27 21	Frontal_Inf_Tri_R	0.00
1.000	15	0.688	1.000	0.872	2.32	2.28	0.011	-45 39 -9	Frontal_Inf_Orb_L	0.00
1.000	95	0.277	1.000	0.872	2.30	2.27	0.012	-42 -39 -21	Fusiform_L	0.00
			1.000	0.872	2.13	2.10	0.018	-12 -36 -24	Cerebelum_3_L	0.00
			1.000	0.872	2.08	2.06	0.020	-24 -27 -18	ParaHippocampal_L	0.00
1.000	14	0.699	1.000	0.872	2.20	2.17	0.015	-18 6 -3	Pallidum_L	0.00
			1.000	0.872	1.82	1.80	0.036	-12 -3 3	Pallidum_L	2.45
1.000	2	0.907	1.000	0.872	2.13	2.10	0.018	-15 63 -12	Frontal_Sup_Orb_L	0.00
1.000	11	0.737	1.000	0.872	2.12	2.09	0.018	-24 -54 15	Precuneus_L	3.00
1.000	20	0.635	1.000	0.872	2.12	2.09	0.018	-12 45 3	Frontal_Sup_Medial_L	0.00
			1.000	0.872	1.84	1.83	0.034	-21 51 -3	Frontal_Sup_Orb_L	0.00
1.000	12	0.724	1.000	0.872	2.12	2.09	0.018	-18 54 12	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	22	0.617	1.000	0.872	2.09	2.07	0.019	-39 3 6	Insula_L	0.00
1.000	9	0.766	1.000	0.872	2.09	2.06	0.019	-3 9 21	Cingulum_Ant_L	3.32
1.000	3	0.880	1.000	0.872	2.07	2.05	0.020	-33 42 -12	Frontal_Mid_Orb_L	0.00
1.000	29	0.559	1.000	0.872	2.07	2.05	0.020	-39 42 15	Frontal_Mid_L	0.00
			1.000	0.872	1.94	1.92	0.027	-36 42 6	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	29	0.559	1.000	0.872	2.06	2.04	0.021	-48 9 45	Precentral_L	0.00
			1.000	0.872	2.04	2.02	0.022	-45 3 57	Precentral_L	0.00
1.000	8	0.782	1.000	0.872	2.05	2.02	0.022	39 45 -15	Frontal_Mid_Orb_R	0.00
1.000	8	0.782	1.000	0.872	2.02	1.99	0.023	27 27 -18	Frontal_Inf_Orb_R	0.00
1.000	29	0.559	1.000	0.872	2.00	1.98	0.024	-30 48 27	Frontal_Mid_L	0.00
1.000	6	0.816	1.000	0.872	1.99	1.97	0.024	-6 0 72	Supp_Motor_Area_L	0.00

1.000	4	0.856	1.000	0.872	1.97	1.95	0.025	12 -54 60	Precuneus_R	0.00
1.000	6	0.816	1.000	0.872	1.97	1.95	0.026	30 -9 -12	Amygdala_R	0.00
1.000	14	0.699	1.000	0.872	1.96	1.94	0.026	48 -60 27	Angular_R	0.00
			1.000	0.872	1.81	1.80	0.036	54 -66 30	Angular_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.872	1.94	1.92	0.027	18 30 60	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	5	0.835	1.000	0.872	1.92	1.91	0.028	-60 -12 24	Postcentral_L	0.00
1.000	4	0.856	1.000	0.872	1.92	1.90	0.029	-57 -39 48	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	9	0.766	1.000	0.872	1.92	1.90	0.029	39 54 21	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	22	0.617	1.000	0.872	1.85	1.83	0.033	0 21 54	Supp_Motor_Area_L	0.00
			1.000	0.872	1.82	1.81	0.036	6 21 63	Supp_Motor_Area_R	0.00
1.000	4	0.856	1.000	0.872	1.84	1.82	0.034	-33 9 66	Frontal_Mid_L	2.45
1.000	1	0.940	1.000	0.872	1.82	1.81	0.035	-48 -15 42	Postcentral_L	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.872	1.80	1.79	0.037	-54 -9 51	Postcentral_L	1.41
1.000	1	0.940	1.000	0.872	1.78	1.77	0.038	-6 -3 -12	Hippocampus_L	6.40
1.000	2	0.907	1.000	0.872	1.76	1.75	0.040	-33 -84 -12	Occipital_Inf_L	0.00
1.000	3	0.880	1.000	0.872	1.75	1.74	0.041	-54 0 -6	Temporal_Sup_L	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.872	1.73	1.72	0.043	-6 -66 36	Precuneus_L	0.00
1.000	4	0.856	1.000	0.872	1.72	1.71	0.043	39 24 51	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.872	1.72	1.71	0.044	12 39 57	Frontal_Sup_Medial_R	1.41
1.000	5	0.835	1.000	0.872	1.71	1.70	0.045	-3 -51 66	Precuneus_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.872	1.68	1.67	0.047	21 15 -21	Frontal_Inf_Orb_R	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 87.002

Expected number of clusters, <c> = 48.27

Expected false discovery rate, <= 0.87

Degrees of freedom = [1.0, 91.0]

Smoothness FWHM = 12.8 14.2 13.7 {mm} = 4.3 4.7 4.6 {voxels}

Search vol: 1383264 cmm; 51232 voxels; 499.7 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 91.75 voxels)

==========

Tabelle 10-16: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.436	611	0.012	0.843	0.996	3.66	3.52	0.000	48 -24 27	SupraMarginal_R	2.24
			0.997	0.996	3.19	3.10	0.001	63 -30 36	SupraMarginal_R	0.00
			1.000	0.996	2.95	2.87	0.002	36 -48 18	Temporal_Mid_R	4.47
1.000	102	0.261	0.992	0.996	3.27	3.17	0.001	-6 27 0	Olfactory_L	2.24
			1.000	0.996	2.79	2.73	0.003	-3 18 -15	Olfactory_L	0.00
			1.000	0.996	2.40	2.35	0.009	-18 33 -6	Frontal_Inf_Orb_L	3.00
1.000	31	0.545	1.000	0.996	2.78	2.72	0.003	18 45 -6	Frontal_Med_Orb_R	2.24
			1.000	0.996	2.03	2.01	0.022	15 33 -3	Cingulum_Ant_R	5.20
1.000	76	0.331	1.000	0.996	2.63	2.58	0.005	-33 15 36	Frontal_Mid_L	0.00
			1.000	0.996	2.55	2.50	0.006	-24 18 24	Caudate_L	8.72
1.000	79	0.322	1.000	0.996	2.56	2.51	0.006	18 -57 12	Calcarine_R	0.00
1.000	8	0.782	1.000	0.996	2.41	2.37	0.009	0 -42 -27	Vermis_1_2	3.00
1.000	76	0.331	1.000	0.996	2.39	2.35	0.009	21 15 39	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.996	2.37	2.33	0.010	24 24 39	Frontal_Mid_R	0.00
			1.000	0.996	2.13	2.11	0.018	33 33 39	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	28	0.567	1.000	0.996	2.39	2.35	0.009	-18 -15 57	Precentral_L	4.24
1.000	28	0.567	1.000	0.996	2.31	2.28	0.011	21 -6 69	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	22	0.617	1.000	0.996	2.26	2.23	0.013	51 -66 15	Temporal_Mid_R	0.00
			1.000	0.996	2.03	2.01	0.022	42 -72 15	Occipital_Mid_R	0.00
1.000	17	0.666	1.000	0.996	2.18	2.15	0.016	36 -45 0	Fusiform_R	4.58
1.000	10	0.751	1.000	0.996	2.12	2.09	0.018	24 -72 21	Occipital_Sup_R	0.00
1.000	10	0.751	1.000	0.996	2.05	2.02	0.021	-33 -18 45	Precentral_L	0.00
1.000	6	0.816	1.000	0.996	2.03	2.01	0.022	18 -42 63	Postcentral_R	0.00
1.000	9	0.766	1.000	0.996	2.00	1.97	0.024	-51 -33 57	Postcentral_L	0.00
1.000	3	0.880	1.000	0.996	1.95	1.93	0.027	-39 -24 30	Postcentral_L	4.12
1.000	16	0.676	1.000	0.996	1.94	1.92	0.028	-33 -72 36	Occipital_Mid_L	0.00
1.000	8	0.782	1.000	0.996	1.92	1.91	0.028	30 30 27	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	5	0.835	1.000	0.996	1.91	1.89	0.029	-39 0 27	Precentral_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.996	1.87	1.85	0.032	24 66 9	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	5	0.835	1.000	0.996	1.86	1.85	0.032	-51 0 33	Precentral_L	0.00
1.000	10	0.751	1.000	0.996	1.82	1.80	0.036	-15 -57 3	Calcarine_L	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.996	1.81	1.80	0.036	24 -51 -21	Cerebelum_4_5_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.996	1.80	1.79	0.037	-54 -72 3	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	6	0.816	1.000	0.996	1.79	1.78	0.037	51 -54 -3	Temporal_Mid_R	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.996	1.78	1.77	0.038	-51 -69 0	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	1	0.940	1.000	0.996	1.73	1.72	0.042	18 69 12	Frontal_Sup_Medial_R	0.00
1.000	3	0.880	1.000	0.996	1.73	1.72	0.043	9 57 -12	Frontal_Med_Orb_R	0.00
1.000	2	0.907	1.000	0.996	1.72	1.72	0.043	27 -21 0	Putamen_R	4.24
1.000	2	0.907	1.000	0.996	1.71	1.70	0.044	30 -24 24	Insula_R	2.83
1.000	1	0.940	1.000	0.996	1.66	1.66	0.049	-39 -30 -12	Temporal_Inf_L	2.24

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 87.002

Expected number of clusters, <c> = 48.27

Expected false discovery rate, <= 1.00

Degrees of freedom = [1.0, 91.0]
Smoothness FWHM = 12.8 14.2 13.7 {mm} = 4.3 4.7 4.6 {voxels}
Search vol: 1383264 cmm; 51232 voxels; 499.7 resels
Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 91.75 voxels)

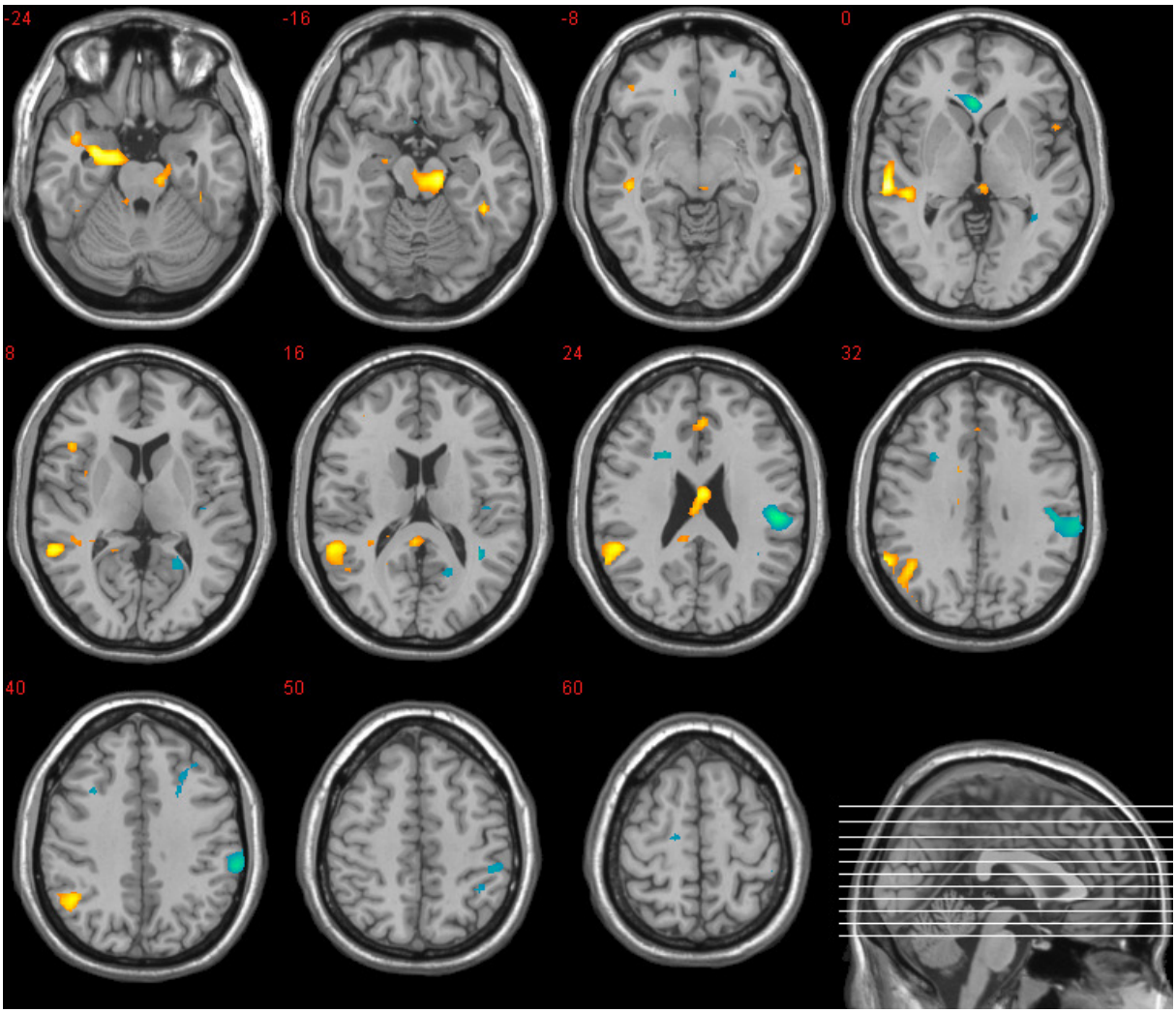


Abbildung 10-4: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Männer (Wahrnehmende): Frauen Angst (rot) vs. Frauen Sport (blau)“

Tabelle 10-17: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Angst > Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.998	190	0.107	1.000	0.838	3.14	3.05	0.001	3 -15 -27	ParaHippocampal_R	14.25
			1.000	0.838	2.43	2.39	0.008	12 -21 -33	Cerebelum_3_R	10.49
			1.000	0.838	2.20	2.17	0.015	18 -24 -6	Hippocampus_R	3.46
0.989	229	0.079	1.000	0.838	3.04	2.96	0.002	45 -3 -18	Temporal_Sup_R	2.45
			1.000	0.838	2.85	2.78	0.003	48 -3 -3	Insula_R	0.00
			1.000	0.838	2.62	2.56	0.005	51 -9 -12	Temporal_Sup_R	0.00
1.000	82	0.279	1.000	0.838	2.66	2.61	0.005	18 51 45	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.838	2.39	2.35	0.009	-3 48 57	Frontal_Sup_Medial_L	3.16
1.000	11	0.716	1.000	0.838	2.63	2.57	0.005	-36 -18 -30	Fusiform_L	0.00
1.000	27	0.544	1.000	0.838	2.42	2.38	0.009	-9 -45 -12	Cerebelum_4_5_L	0.00
1.000	24	0.569	1.000	0.838	2.34	2.30	0.011	24 69 6	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.838	2.33	2.29	0.011	24 66 18	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.838	1.95	1.93	0.027	33 60 18	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	13	0.688	1.000	0.838	2.34	2.30	0.011	51 -60 -18	Temporal_Inf_R	0.00
1.000	46	0.419	1.000	0.838	2.34	2.30	0.011	-3 72 18	Frontal_Sup_Medial_L	2.24
			1.000	0.838	1.94	1.92	0.027	9 66 30	Frontal_Sup_Medial_R	0.00
1.000	27	0.544	1.000	0.838	2.26	2.22	0.013	27 -18 -30	ParaHippocampal_R	0.00
1.000	14	0.675	1.000	0.838	2.25	2.22	0.013	54 21 -6	Frontal_Inf_Orb_R	0.00
1.000	42	0.441	1.000	0.838	2.18	2.15	0.016	-9 -81 48	Precuneus_L	0.00
			1.000	0.838	2.01	1.99	0.024	-21 -87 33	Occipital_Sup_L	0.00
1.000	6	0.800	1.000	0.838	2.11	2.09	0.018	3 27 66	Supp_Motor_Area_L	3.16
1.000	19	0.618	1.000	0.838	2.06	2.04	0.021	51 -6 21	Rolandic_Oper_R	1.41
1.000	11	0.716	1.000	0.838	2.02	2.00	0.023	18 -87 30	Occipital_Sup_R	0.00
1.000	12	0.701	1.000	0.838	2.01	1.99	0.024	30 39 48	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	10	0.730	1.000	0.838	1.99	1.97	0.025	-21 9 -12	Olfactory_L	2.45
1.000	8	0.763	1.000	0.838	1.99	1.96	0.025	-24 -33 -27	Cerebelum_4_5_L	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.838	1.95	1.93	0.027	-9 -75 21	Cuneus_L	0.00
1.000	10	0.730	1.000	0.838	1.88	1.87	0.031	-39 6 3	Insula_L	0.00
1.000	6	0.800	1.000	0.838	1.87	1.85	0.032	-21 -21 -3	Thalamus_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.86	1.84	0.033	-9 72 0	Frontal_Sup_Medial_L	2.24
1.000	3	0.869	1.000	0.838	1.86	1.84	0.033	-24 -42 -39	Cerebelum_10_L	3.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.82	1.81	0.035	45 -81 6	Occipital_Mid_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.838	1.82	1.81	0.035	36 -72 -24	Cerebelum_6_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.838	1.80	1.79	0.037	-3 -30 -24	Cerebelum_3_L	7.81
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.76	1.75	0.040	-24 -96 -6	Occipital_Inf_L	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.838	1.74	1.73	0.042	42 39 21	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.838	1.73	1.72	0.042	6 -90 15	Cuneus_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.72	1.71	0.043	-15 -93 21	Occipital_Sup_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.838	1.72	1.71	0.044	-18 45 51	Frontal_Sup_L	1.41
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.71	1.71	0.044	-6 -18 12	Thalamus_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.70	1.69	0.045	-60 -45 39	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.838	1.70	1.69	0.045	54 12 39	Precentral_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.838	1.70	1.69	0.046	-21 60 -9	Frontal_Sup_Orb_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.70	1.69	0.046	3 66 -6	Frontal_Med_Orb_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.69	1.68	0.046	-3 -81 33	Cuneus_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.69	1.68	0.046	48 15 48	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.68	1.67	0.047	-3 24 21	Cingulum_Ant_L	0.00

1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.67	1.67	0.048	0 -48 -24	Vermis_3	2.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.67	1.66	0.048	39 -51 -39	Cerebelum_Crus1_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.66	1.66	0.049	60 12 12	Frontal_Inf_Oper_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.838	1.66	1.66	0.049	-30 -6 -42	Temporal_Inf_L	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 75.524

Expected number of clusters, <c> = 56.84

Expected false discovery rate, <= 0.84

Degrees of freedom = [1.0, 90.7]

Smoothness FWHM = 12.3 13.3 13.1 {mm} = 4.1 4.4 4.4 {voxels}

Search vol: 1444986 cmm; 53518 voxels; 600.8 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 79.65 voxels)

==========

Tabelle 10-18: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Sport > Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
1.000	142	0.159	0.999	0.946	3.21	3.12	0.001	42 -39 -6	ParaHippocampal_R	6.08
1.000	125	0.184	1.000	0.946	3.13	3.04	0.001	21 21 33	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.946	2.48	2.44	0.007	24 18 18	Caudate_R	2.83
			1.000	0.946	2.15	2.12	0.017	24 6 39	Frontal_Mid_R	5.00
0.938	298	0.049	1.000	0.946	2.83	2.77	0.003	-18 -9 48	Frontal_Sup_L	4.12
			1.000	0.946	2.72	2.66	0.004	-21 -24 30	Caudate_L	7.28
			1.000	0.946	2.69	2.63	0.004	-39 0 30	Precentral_L	0.00
0.987	234	0.077	1.000	0.946	2.75	2.69	0.004	-18 24 21	Caudate_L	7.28
			1.000	0.946	2.66	2.61	0.005	-21 45 15	Frontal_Mid_L	0.00
			1.000	0.946	2.43	2.39	0.008	-12 48 30	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	20	0.607	1.000	0.946	2.58	2.52	0.006	21 42 -9	Frontal_Sup_Orb_R	3.16
1.000	17	0.639	1.000	0.946	2.42	2.38	0.009	-54 -36 3	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	41	0.447	1.000	0.946	2.22	2.19	0.014	-18 -48 48	Precuneus_L	4.00
1.000	25	0.561	1.000	0.946	2.17	2.14	0.016	-12 -30 63	Paracentral_Lobule_L	0.00
1.000	15	0.663	1.000	0.946	2.14	2.11	0.018	-30 12 -33	Temporal_Pole_Sup_L	0.00
1.000	29	0.528	1.000	0.946	2.12	2.10	0.018	21 -42 21	Cingulum_Post_R	7.87
1.000	10	0.730	1.000	0.946	2.04	2.02	0.022	-12 36 9	Cingulum_Ant_L	3.00
1.000	12	0.701	1.000	0.946	2.00	1.98	0.024	12 -33 66	Paracentral_Lobule_R	0.00
1.000	5	0.820	1.000	0.946	1.88	1.87	0.031	-21 -6 -3	Pallidum_L	0.00
1.000	7	0.781	1.000	0.946	1.83	1.82	0.034	30 -12 42	Precentral_R	4.47
			1.000	0.946	1.82	1.80	0.036	27 -18 48	Precentral_R	5.39
1.000	5	0.820	1.000	0.946	1.79	1.78	0.038	15 36 3	Cingulum_Ant_R	2.45
1.000	3	0.869	1.000	0.946	1.78	1.77	0.038	-39 -51 18	Temporal_Mid_L	1.41
1.000	5	0.820	1.000	0.946	1.78	1.77	0.039	-39 15 30	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.946	1.73	1.72	0.042	-27 -78 0	Occipital_Mid_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.946	1.70	1.70	0.045	27 -57 -42	Cerebelum_8_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.946	1.70	1.69	0.045	-24 -15 72	Precentral_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.946	1.69	1.69	0.046	12 -9 54	Supp_Motor_Area_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.946	1.68	1.68	0.047	-54 6 -18	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.946	1.68	1.68	0.047	-36 6 18	Frontal_Inf_Oper_L	2.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 75.524

Expected number of clusters, <c> = 56.84

Expected false discovery rate, <= 0.95

Degrees of freedom = [1.0, 90.7]

Smoothness FWHM = 12.3 13.3 13.1 {mm} = 4.1 4.4 4.4 {voxels}

Search vol: 1444986 cmm; 53518 voxels; 600.8 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 79.65 voxels)

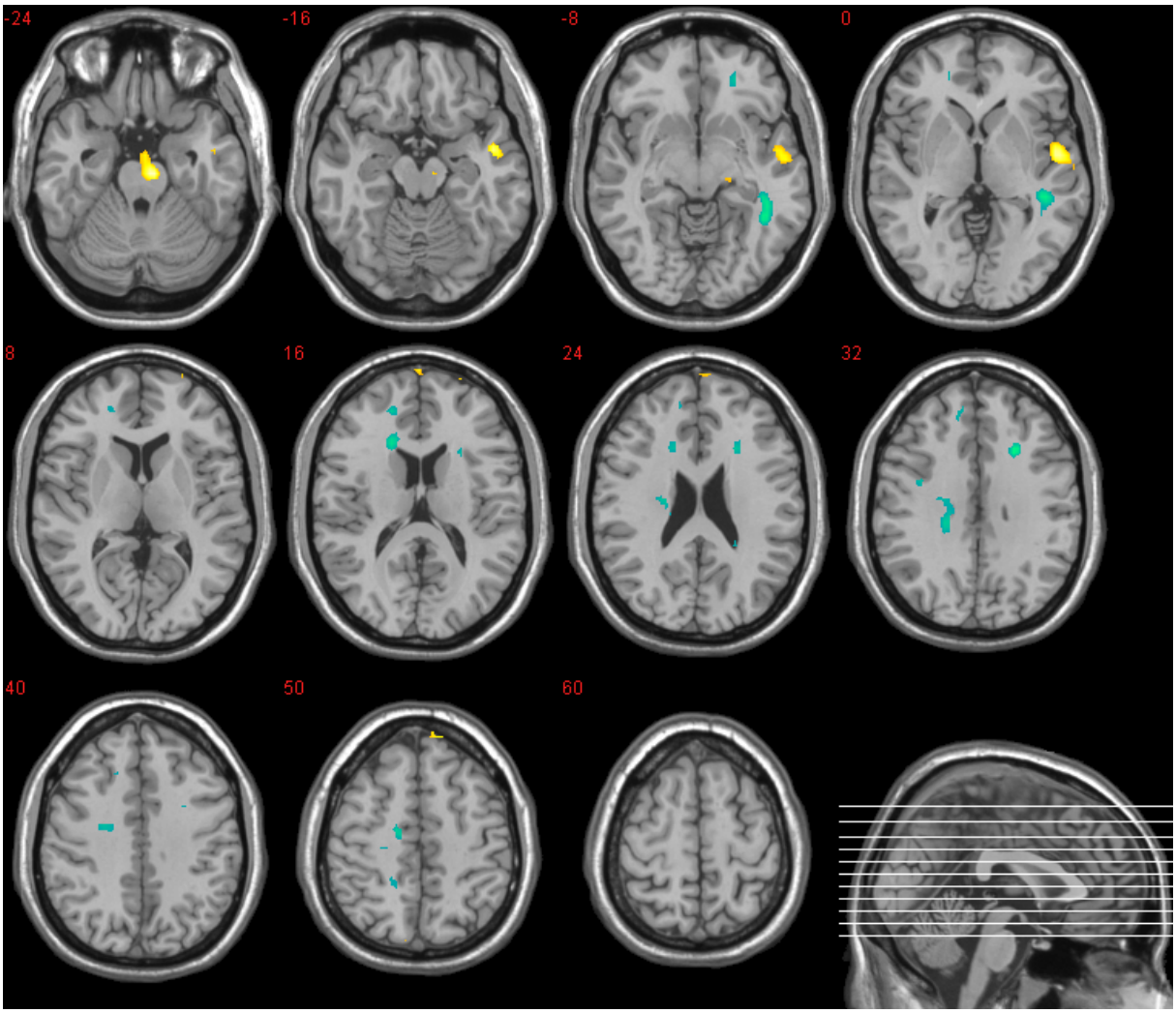


Abbildung 10-5: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Angst (rot) vs. Sport (blau)“

Tabelle 10-19: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst > Männer Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
1.000	145	0.154	0.851	0.968	3.71	3.57	0.000	12 -15 -30	ParaHippocampal_R	8.31
			1.000	0.968	2.83	2.76	0.003	3 -6 -15	Hippocampus_R	11.0
			1.000	0.968	2.39	2.35	0.009	6 -18 -21	ParaHippocampal_R	12.0
1.000	32	0.506	0.998	0.968	3.25	3.15	0.001	-3 72 18	Frontal_Sup_Medial_L	2.24
1.000	22	0.588	1.000	0.968	2.58	2.53	0.006	0 27 66	Supp_Motor_Area_L	0.00
			1.000	0.968	2.27	2.24	0.013	-12 21 69	Supp_Motor_Area_L	2.45
1.000	46	0.419	1.000	0.968	2.55	2.50	0.006	-3 72 0	Frontal_Sup_Medial_L	2.24
			1.000	0.968	2.38	2.34	0.010	6 63 -6	Frontal_Med_Orb_R	0.00
1.000	52	0.390	1.000	0.968	2.50	2.45	0.007	33 42 12	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	12	0.701	1.000	0.968	2.49	2.44	0.007	24 66 18	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	2.31	2.27	0.012	-36 -18 -30	Fusiform_L	0.00
1.000	20	0.607	1.000	0.968	2.27	2.24	0.013	18 -21 -6	Thalamus_R	4.12
1.000	5	0.820	1.000	0.968	2.23	2.20	0.014	33 -75 -42	Cerebelum_Crus2_R	0.00
1.000	21	0.597	1.000	0.968	2.22	2.18	0.014	33 -63 6	Calcarine_R	2.45
1.000	19	0.618	1.000	0.968	2.21	2.18	0.015	-3 48 57	Frontal_Sup_Medial_L	3.16
			1.000	0.968	2.04	2.01	0.022	6 54 51	Frontal_Sup_Medial_R	3.61
1.000	19	0.618	1.000	0.968	2.18	2.15	0.016	3 -48 -27	Vermis_10	1.41
1.000	13	0.688	1.000	0.968	2.16	2.13	0.016	45 -3 -18	Temporal_Sup_R	2.45
1.000	22	0.588	1.000	0.968	2.15	2.12	0.017	63 -15 0	Temporal_Sup_R	0.00
			1.000	0.968	1.83	1.81	0.035	51 -12 -9	Temporal_Sup_R	0.00
1.000	24	0.569	1.000	0.968	2.12	2.10	0.018	-12 -51 24	Precuneus_L	0.00
1.000	22	0.588	1.000	0.968	2.05	2.02	0.022	33 -39 36	Postcentral_R	3.74
1.000	13	0.688	1.000	0.968	1.99	1.97	0.024	45 -66 -6	Temporal_Inf_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.968	1.95	1.93	0.027	-39 6 60	Frontal_Mid_L	0.00
1.000	30	0.520	1.000	0.968	1.93	1.91	0.028	45 0 -3	Insula_R	0.00
			1.000	0.968	1.91	1.90	0.029	42 -15 9	Insula_R	0.00
			1.000	0.968	1.82	1.81	0.035	48 -9 3	Insula_R	0.00
1.000	8	0.763	1.000	0.968	1.89	1.88	0.030	-9 -48 -15	Cerebelum_4_5_L	0.00
1.000	6	0.800	1.000	0.968	1.81	1.79	0.036	0 48 15	Cingulum_Ant_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.78	1.77	0.039	24 -51 72	Parietal_Sup_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.77	1.76	0.039	21 -84 39	Occipital_Sup_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.76	1.75	0.040	-51 6 -30	Temporal_Mid_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.74	1.73	0.042	39 -75 42	Angular_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.74	1.73	0.042	-3 -42 45	Cingulum_Mid_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.968	1.74	1.73	0.042	-33 39 45	Frontal_Mid_L	1.73
1.000	4	0.843	1.000	0.968	1.73	1.73	0.042	-36 -63 36	Angular_L	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.968	1.73	1.72	0.043	27 -36 -12	ParaHippocampal_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.968	1.70	1.70	0.045	33 -69 -27	Cerebelum_6_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.70	1.69	0.045	48 -63 -15	Occipital_Inf_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.968	1.69	1.68	0.046	-39 -57 54	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.968	1.68	1.67	0.047	18 -81 -27	Cerebelum_Crus1_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.968	1.67	1.67	0.048	24 -96 6	Occipital_Mid_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.968	1.66	1.66	0.049	18 -87 33	Occipital_Sup_R	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)
Expected voxels per cluster, <k> = 75.524
Expected number of clusters, <c> = 56.84
Expected false discovery rate, <= 0.97
Degrees of freedom = [1.0, 90.7]
Smoothness FWHM = 12.3 13.3 13.1 {mm} = 4.1 4.4 4.4 {voxels}
Search vol: 1444986 cmm; 53518 voxels; 600.8 resels
Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 79.65 voxels)
==========

Tabelle 10-20: Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Sport > Männer Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
0.683	438	0.020	0.865	0.879	3.70	3.56	0.000	-21 45 15	Frontal_Mid_L	0.00
			0.998	0.879	3.22	3.12	0.001	-15 51 21	Frontal_Sup_L	0.00
			1.000	0.879	3.01	2.93	0.002	-12 39 6	Cingulum_Ant_L	3.00
0.766	399	0.026	0.988	0.879	3.38	3.27	0.001	-39 0 30	Precentral_L	0.00
			1.000	0.879	2.68	2.62	0.004	-39 18 27	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
			1.000	0.879	2.35	2.31	0.010	-33 -9 21	Insula_L	1.73
1.000	68	0.324	0.999	0.879	3.18	3.09	0.001	21 18 36	Frontal_Sup_R	2.24
			1.000	0.879	2.40	2.36	0.009	24 18 18	Caudate_R	2.83
0.995	209	0.092	1.000	0.879	3.04	2.96	0.002	-54 -12 -12	Temporal_Mid_L	0.00
			1.000	0.879	2.50	2.46	0.007	-57 -30 3	Temporal_Mid_L	0.00
			1.000	0.879	2.44	2.40	0.008	-48 3 -18	Temporal_Pole_Sup_L	0.00
1.000	46	0.419	1.000	0.879	3.00	2.92	0.002	36 -69 27	Occipital_Mid_R	0.00
1.000	63	0.343	1.000	0.879	2.99	2.91	0.002	-15 -12 48	Cingulum_Mid_L	3.61
1.000	56	0.371	1.000	0.879	2.84	2.77	0.003	42 -48 -9	Temporal_Inf_R	3.00
			1.000	0.879	2.09	2.07	0.019	42 -33 0	Temporal_Sup_R	2.24
1.000	24	0.569	1.000	0.879	2.64	2.58	0.005	18 42 -6	Frontal_Med_Orb_R	2.83
1.000	53	0.385	1.000	0.879	2.56	2.51	0.006	-48 -57 -12	Temporal_Inf_L	0.00
			1.000	0.879	1.82	1.81	0.035	-33 -57 -15	Fusiform_L	0.00
1.000	11	0.716	1.000	0.879	2.31	2.28	0.011	-9 6 -6	Pallidum_L	1.00
1.000	26	0.552	1.000	0.879	2.27	2.23	0.013	42 18 -18	Temporal_Pole_Sup_R	2.00
			1.000	0.879	2.09	2.06	0.019	30 24 -18	Insula_R	0.00
1.000	27	0.544	1.000	0.879	2.25	2.22	0.013	15 -33 69	Precentral_R	0.00
1.000	28	0.536	1.000	0.879	2.23	2.20	0.014	-12 -27 63	Paracentral_Lobule_L	0.00
1.000	20	0.607	1.000	0.879	2.20	2.17	0.015	-36 -30 -15	Fusiform_L	1.00
			1.000	0.879	1.89	1.87	0.031	-30 -18 -18	Hippocampus_L	0.00
1.000	7	0.781	1.000	0.879	2.20	2.17	0.015	-42 -30 27	SupraMarginal_L	3.61
1.000	35	0.485	1.000	0.879	2.11	2.09	0.019	-30 -78 0	Occipital_Mid_L	0.00
			1.000	0.879	2.07	2.04	0.021	-33 -81 -12	Occipital_Inf_L	0.00
1.000	12	0.701	1.000	0.879	2.03	2.01	0.022	12 -9 51	Supp_Motor_Area_R	0.00
1.000	19	0.618	1.000	0.879	2.02	2.00	0.023	-36 -24 54	Postcentral_L	0.00
1.000	5	0.820	1.000	0.879	2.01	1.98	0.024	-42 -9 -36	Temporal_Inf_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.879	2.00	1.98	0.024	-66 -12 15	Postcentral_L	0.00
1.000	18	0.628	1.000	0.879	1.94	1.92	0.028	27 -54 -42	Cerebelum_8_R	0.00
1.000	9	0.746	1.000	0.879	1.89	1.87	0.030	-57 -18 21	Postcentral_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.879	1.88	1.86	0.031	-60 0 33	Precentral_L	0.00
1.000	6	0.800	1.000	0.879	1.87	1.85	0.032	-18 -33 21	Caudate_L	7.35
1.000	10	0.730	1.000	0.879	1.85	1.84	0.033	30 -21 27	Insula_R	5.48
1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.84	1.82	0.034	51 30 21	Frontal_Inf_Tri_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.879	1.83	1.82	0.035	-6 21 9	Caudate_L	2.45
1.000	4	0.843	1.000	0.879	1.83	1.82	0.035	21 -39 24	Cingulum_Post_R	9.27
1.000	4	0.843	1.000	0.879	1.82	1.81	0.035	48 9 30	Precentral_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.879	1.82	1.81	0.035	-24 -3 -3	Pallidum_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.77	1.76	0.040	27 -72 -9	Fusiform_R	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.879	1.76	1.75	0.040	-21 -18 72	Precentral_L	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.879	1.76	1.75	0.040	-39 -24 -9	Hippocampus_L	3.16
1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.76	1.75	0.040	60 -6 -18	Temporal_Mid_R	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.879	1.75	1.74	0.041	-51 -66 15	Temporal_Mid_L	0.00

1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.74	1.73	0.042	51 -3 -36	Temporal_Inf_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.879	1.72	1.71	0.043	-33 -57 -33	Cerebelum_6_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.69	1.69	0.046	12 -42 -42	Cerebelum_9_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.67	1.66	0.048	18 -45 18	Precuneus_R	3.61
1.000	1	0.935	1.000	0.879	1.66	1.66	0.049	6 -21 63	Supp_Motor_Area_R	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 75.524

Expected number of clusters, <c> = 56.84

Expected false discovery rate, <= 0.88

Degrees of freedom = [1.0, 90.7]

Smoothness FWHM = 12.3 13.3 13.1 {mm} = 4.1 4.4 4.4 {voxels}

Search vol: 1444986 cmm; 53518 voxels; 600.8 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 79.65 voxels)

==========

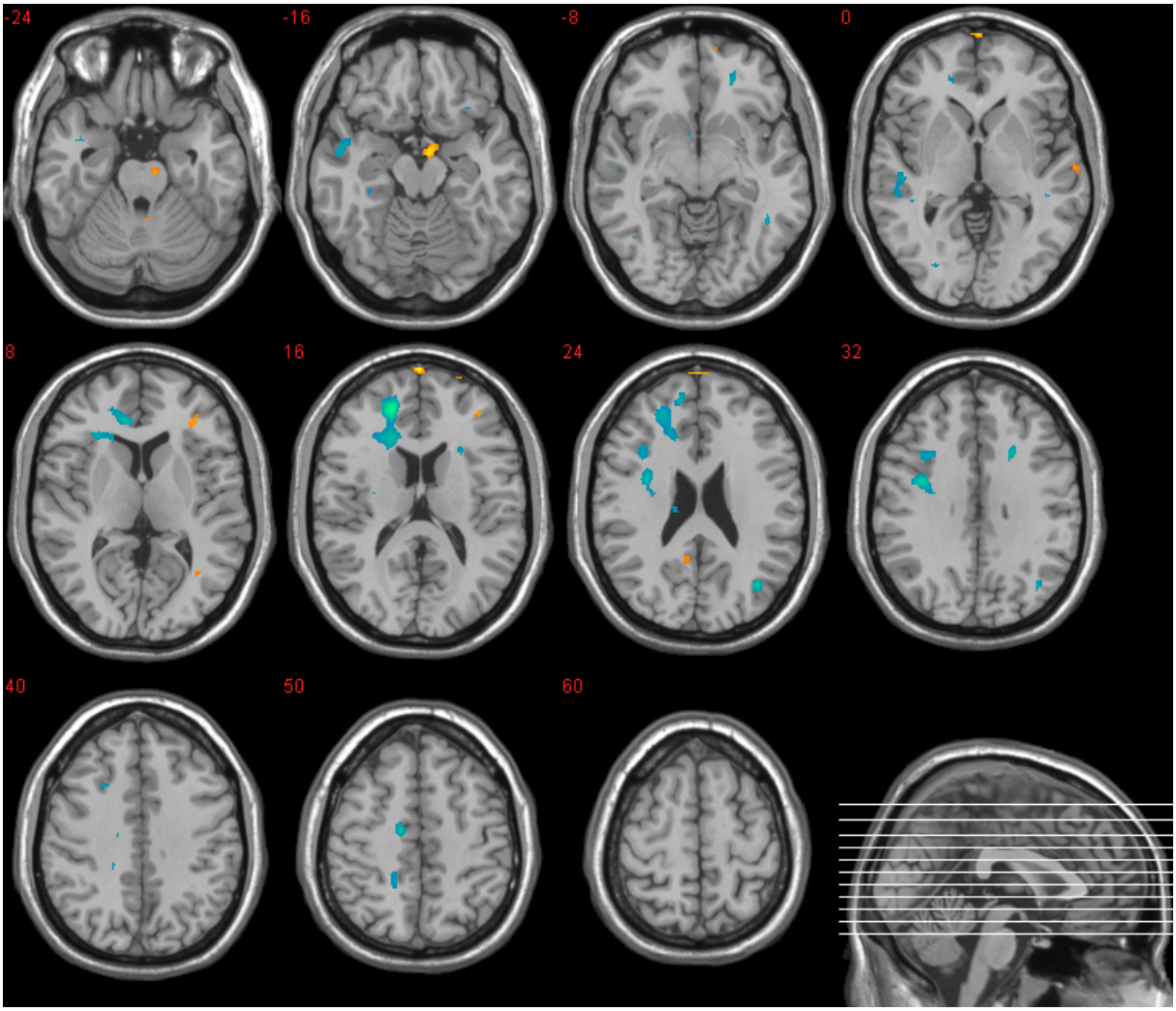


Abbildung 10-6: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Männer Angst (rot) vs. Männer Sport (blau)“

Tabelle 10-21: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Angst > Frauen Sport“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
1.000	109	0.214	0.991	0.706	3.36	3.25	0.001	18 51 45	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.706	2.44	2.39	0.008	33 39 45	Frontal_Mid_R	0.00
0.919	313	0.044	1.000	0.706	3.14	3.05	0.001	60 -9 -15	Temporal_Mid_R	0.00
			1.000	0.706	3.12	3.03	0.001	54 21 -6	Frontal_Inf_Orb_R	0.00
			1.000	0.706	2.91	2.84	0.002	51 -3 0	Temporal_Sup_R	0.00
0.995	207	0.094	1.000	0.706	2.95	2.88	0.002	51 24 27	Frontal_Inf_Tri_R	0.00
			1.000	0.706	2.35	2.31	0.010	48 39 15	Frontal_Mid_R	0.00
			1.000	0.706	1.91	1.90	0.029	51 39 3	Frontal_Inf_Tri_R	0.00
1.000	72	0.310	1.000	0.706	2.79	2.73	0.003	0 -6 -27	ParaHippocampal_L	10.6
			1.000	0.706	2.60	2.55	0.005	3 -18 -24	ParaHippocampal_R	15.0
			1.000	0.706	2.26	2.23	0.013	-6 -27 -24	Cerebelum_3_L	7.81
0.990	227	0.081	1.000	0.706	2.67	2.62	0.004	-24 -24 -6	Hippocampus_L	2.00
			1.000	0.706	2.66	2.61	0.005	-24 -24 -24	ParaHippocampal_L	0.00
			1.000	0.706	2.19	2.16	0.015	-24 -39 -33	Cerebelum_4_5_L	0.00
1.000	51	0.394	1.000	0.706	2.56	2.51	0.006	-45 -12 -12	Temporal_Sup_L	0.00
			1.000	0.706	2.11	2.09	0.019	-60 -3 -15	Temporal_Mid_L	0.00
			1.000	0.706	1.84	1.83	0.034	-51 -3 -9	Temporal_Sup_L	0.00
1.000	39	0.459	1.000	0.706	2.55	2.50	0.006	-60 -18 30	Postcentral_L	0.00
1.000	6	0.800	1.000	0.706	2.54	2.49	0.006	21 69 6	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	19	0.618	1.000	0.706	2.45	2.41	0.008	-18 63 -9	Frontal_Sup_Orb_L	0.00
1.000	25	0.561	1.000	0.706	2.43	2.39	0.008	-6 0 15	Caudate_L	2.24
1.000	26	0.552	1.000	0.706	2.43	2.39	0.008	24 21 -12	Frontal_Sup_Orb_R	3.00
1.000	31	0.513	1.000	0.706	2.38	2.34	0.010	9 9 15	Caudate_R	0.00
1.000	21	0.597	1.000	0.706	2.32	2.28	0.011	-24 9 -15	Frontal_Sup_Orb_L	0.00
1.000	20	0.607	1.000	0.706	2.31	2.27	0.011	36 -48 -39	Cerebelum_Crus1_R	0.00
1.000	16	0.651	1.000	0.706	2.30	2.26	0.012	48 -60 -21	Temporal_Inf_R	0.00
1.000	58	0.363	1.000	0.706	2.28	2.24	0.012	39 -18 -21	Fusiform_R	0.00
			1.000	0.706	2.26	2.22	0.013	27 -18 -27	ParaHippocampal_R	0.00
			1.000	0.706	2.10	2.07	0.019	18 -15 -15	Hippocampus_R	1.41
1.000	20	0.607	1.000	0.706	2.28	2.24	0.013	-51 -48 -6	Temporal_Inf_L	0.00
1.000	29	0.528	1.000	0.706	2.27	2.23	0.013	-18 -93 -6	Occipital_Inf_L	0.00
1.000	17	0.639	1.000	0.706	2.26	2.22	0.013	42 0 -39	Temporal_Inf_R	0.00
1.000	53	0.385	1.000	0.706	2.25	2.22	0.013	9 -27 36	Cingulum_Mid_R	0.00
			1.000	0.706	1.88	1.86	0.031	-6 -30 36	Cingulum_Mid_L	0.00
1.000	15	0.663	1.000	0.706	2.25	2.21	0.013	6 -6 27	Cingulum_Mid_R	3.61
1.000	65	0.335	1.000	0.706	2.22	2.19	0.014	-27 -69 -15	Fusiform_L	0.00
			1.000	0.706	2.03	2.01	0.022	-27 -60 -27	Cerebelum_6_L	0.00
			1.000	0.706	1.91	1.89	0.030	-33 -69 -36	Cerebelum_Crus1_L	0.00
1.000	15	0.663	1.000	0.706	2.21	2.18	0.015	-27 39 21	Frontal_Mid_L	0.00
1.000	155	0.142	1.000	0.706	2.19	2.16	0.015	-12 -81 45	Parietal_Sup_L	0.00
			1.000	0.706	2.12	2.09	0.018	3 -78 39	Cuneus_R	0.00
			1.000	0.706	2.06	2.04	0.021	-12 -72 33	Precuneus_L	0.00
1.000	14	0.675	1.000	0.706	2.19	2.16	0.016	-12 -63 -42	Cerebelum_8_L	0.00
1.000	77	0.294	1.000	0.706	2.10	2.07	0.019	-9 -18 12	Thalamus_L	0.00
			1.000	0.706	2.08	2.06	0.020	9 -12 12	Thalamus_R	0.00
			1.000	0.706	1.93	1.91	0.028	3 -21 3	Thalamus_R	0.00

1.000	35	0.485	1.000	0.706	2.10	2.07	0.019	6 -90 18	Cuneus_R	0.00
			1.000	0.706	1.97	1.95	0.025	15 -84 9	Calcarine_R	0.00
			1.000	0.706	1.75	1.74	0.041	15 -84 18	Cuneus_R	0.00
1.000	16	0.651	1.000	0.706	2.07	2.04	0.020	-57 -42 18	Temporal_Sup_L	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.706	2.07	2.04	0.021	60 -36 45	Parietal_Inf_R	0.00
1.000	39	0.459	1.000	0.706	2.05	2.03	0.021	6 3 63	Supp_Motor_Area_R	0.00
			1.000	0.706	1.99	1.97	0.025	21 15 66	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	19	0.618	1.000	0.706	2.05	2.02	0.021	-42 -18 39	Postcentral_L	0.00
1.000	7	0.781	1.000	0.706	2.05	2.02	0.022	0 -93 0	Calcarine_L	0.00
1.000	23	0.579	1.000	0.706	2.04	2.01	0.022	-33 3 9	Insula_L	0.00
1.000	11	0.716	1.000	0.706	2.01	1.99	0.023	6 -57 9	Calcarine_R	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.706	1.98	1.96	0.025	-24 -87 33	Occipital_Sup_L	0.00
1.000	16	0.651	1.000	0.706	1.97	1.95	0.026	48 -3 21	Rolandic_Oper_R	3.16
1.000	5	0.820	1.000	0.706	1.97	1.95	0.026	-45 6 -15	Temporal_Pole_Sup_L	0.00
1.000	14	0.675	1.000	0.706	1.95	1.93	0.027	-9 -75 18	Cuneus_L	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.706	1.95	1.93	0.027	-12 72 3	Frontal_Sup_L	0.00
1.000	11	0.716	1.000	0.706	1.89	1.87	0.030	33 3 63	Frontal_Sup_R	0.00
			1.000	0.706	1.78	1.77	0.039	30 -6 69	Frontal_Sup_R	0.00
1.000	7	0.781	1.000	0.706	1.87	1.86	0.032	12 -30 -24	Cerebelum_3_R	2.00
1.000	3	0.869	1.000	0.706	1.86	1.85	0.032	-21 -96 6	Occipital_Mid_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.85	1.84	0.033	27 60 -9	Frontal_Sup_Orb_R	0.00
1.000	7	0.781	1.000	0.706	1.85	1.84	0.033	12 -42 0	Lingual_R	0.00
1.000	6	0.800	1.000	0.706	1.84	1.82	0.034	-39 -18 0	Insula_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.83	1.82	0.034	-21 -78 51	Parietal_Sup_L	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.706	1.83	1.81	0.035	45 -81 6	Occipital_Mid_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.81	1.80	0.036	42 27 48	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.706	1.81	1.80	0.036	-54 9 42	Precentral_L	0.00
1.000	10	0.730	1.000	0.706	1.81	1.80	0.036	6 -66 15	Calcarine_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.706	1.81	1.80	0.036	-42 15 42	Frontal_Mid_L	0.00
1.000	4	0.843	1.000	0.706	1.81	1.80	0.036	-21 -54 3	Calcarine_L	0.00
1.000	5	0.820	1.000	0.706	1.80	1.79	0.037	18 -12 36	Cingulum_Mid_R	6.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.78	1.77	0.039	33 42 -9	Frontal_Mid_Orb_R	1.41
1.000	3	0.869	1.000	0.706	1.77	1.76	0.040	33 -72 30	Occipital_Mid_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.76	1.75	0.040	33 12 -42	Temporal_Pole_Mid_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.706	1.76	1.75	0.040	-42 -15 21	Rolandic_Oper_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.76	1.75	0.040	12 -27 -36	Cerebelum_3_R	10.6
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.75	1.74	0.041	-12 -96 15	Occipital_Sup_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.75	1.74	0.041	36 54 21	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.75	1.74	0.041	60 -21 -6	Temporal_Sup_R	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.706	1.74	1.73	0.042	51 24 9	Frontal_Inf_Tri_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.74	1.73	0.042	-18 18 3	Caudate_L	0.00
1.000	5	0.820	1.000	0.706	1.73	1.72	0.042	-57 -45 39	Parietal_Inf_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.706	1.72	1.71	0.043	-27 -84 -18	Fusiform_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.72	1.71	0.044	9 -30 -42	Cerebelum_10_R	10.8
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.72	1.71	0.044	51 -48 -24	Temporal_Inf_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.71	1.71	0.044	30 54 6	Frontal_Mid_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.70	1.69	0.045	6 -33 -33	Cerebelum_3_R	9.27
1.000	3	0.869	1.000	0.706	1.70	1.69	0.046	-60 -3 33	Precentral_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.69	1.69	0.046	33 18 9	Insula_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.68	1.68	0.047	-9 27 -6	Cingulum_Ant_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.68	1.68	0.047	0 -18 42	Cingulum_Mid_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.67	1.67	0.048	48 -57 33	Angular_R	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.706	1.67	1.66	0.048	6 -36 -42	Vermis_10	6.63

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)
Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)
Expected voxels per cluster, <k> = 75.524
Expected number of clusters, <c> = 56.84
Expected false discovery rate, <= 0.71
Degrees of freedom = [1.0, 90.7]
Smoothness FWHM = 12.3 13.3 13.1 {mm} = 4.1 4.4 4.4 {voxels}
Search vol: 1444986 cmm; 53518 voxels; 600.8 resels
Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 79.65 voxels)
==========

Tabelle 10-22: SPM-Output, Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveaus im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Sport > Frauen Angst“

STATISTICS: p-values adjusted for search volume

cluster p(cor)	cluster equivk	cluster p(unc)	voxel p(FWE-cor)	voxel p(FDR-cor)	voxel T	voxel equivZ	voxel p(unc)	x,y,z {mm}	label	mm
1.000	137	0.166	0.816	0.985	3.76	3.61	0.000	39 -36 -6	Hippocampus_R	2.24
			1.000	0.985	2.11	2.08	0.019	36 -57 -6	Fusiform_R	3.61
1.000	122	0.189	1.000	0.985	2.77	2.71	0.003	-24 -27 30	Caudate_L	9.00
			1.000	0.985	2.20	2.17	0.015	-27 -15 24	Insula_L	5.48
			1.000	0.985	2.15	2.12	0.017	-27 -6 39	Precentral_L	5.83
1.000	76	0.297	1.000	0.985	2.68	2.62	0.004	-12 42 36	Frontal_Sup_L	0.00
			1.000	0.985	2.30	2.26	0.012	-18 21 24	Caudate_L	7.81
			1.000	0.985	2.26	2.22	0.013	-18 27 36	Frontal_Mid_L	0.00
1.000	150	0.148	1.000	0.985	2.60	2.54	0.005	24 21 33	Frontal_Sup_R	2.45
			1.000	0.985	2.44	2.40	0.008	24 6 39	Frontal_Mid_R	5.00
			1.000	0.985	2.43	2.39	0.009	24 24 24	Frontal_Inf_Tri_R	6.63
1.000	111	0.210	1.000	0.985	2.50	2.46	0.007	30 -42 30	Angular_R	9.17
			1.000	0.985	2.27	2.23	0.013	27 -39 45	Postcentral_R	0.00
			1.000	0.985	1.91	1.89	0.029	30 -48 54	Parietal_Inf_R	0.00
1.000	13	0.688	1.000	0.985	2.27	2.23	0.013	33 -60 12	Calcarine_R	2.24
1.000	18	0.628	1.000	0.985	2.27	2.23	0.013	-24 -21 48	Precentral_L	5.39
1.000	43	0.436	1.000	0.985	2.25	2.21	0.013	-33 -54 24	Angular_L	5.00
			1.000	0.985	2.20	2.17	0.015	-21 -54 27	Cuneus_L	2.45
1.000	26	0.552	1.000	0.985	2.17	2.14	0.016	-39 42 3	Frontal_Inf_Tri_L	0.00
1.000	10	0.730	1.000	0.985	1.99	1.97	0.024	-24 30 -3	Frontal_Inf_Orb_L	3.00
1.000	7	0.781	1.000	0.985	1.94	1.92	0.027	27 -18 51	Precentral_R	5.10
1.000	2	0.898	1.000	0.985	1.88	1.86	0.031	-18 -6 0	Pallidum_L	0.00
1.000	1	0.935	1.000	0.985	1.87	1.86	0.032	-27 -3 -30	ParaHippocampal_L	0.00
1.000	2	0.898	1.000	0.985	1.87	1.85	0.032	48 -24 54	Postcentral_R	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.985	1.84	1.83	0.034	-30 15 -33	Temporal_Pole_Sup_L	0.00
1.000	3	0.869	1.000	0.985	1.81	1.80	0.036	-33 -42 -3	ParaHippocampal_L	1.41
1.000	2	0.898	1.000	0.985	1.73	1.72	0.042	24 36 -9	Frontal_Inf_Orb_R	0.00

table shows 3 local maxima more than 8.0mm apart

Height threshold: T = 1.66, p = 0.049 (1.000)

Extent threshold: k = 0 voxels, p = 1.000 (1.000)

Expected voxels per cluster, <k> = 75.524

Expected number of clusters, <c> = 56.84

Expected false discovery rate, <= 0.99

Degrees of freedom = [1.0, 90.7]

Smoothness FWHM = 12.3 13.3 13.1 {mm} = 4.1 4.4 4.4 {voxels}

Search vol: 1444986 cmm; 53518 voxels; 600.8 resels

Voxel size: [3.0, 3.0, 3.0] mm (1 resel = 79.65 voxels)

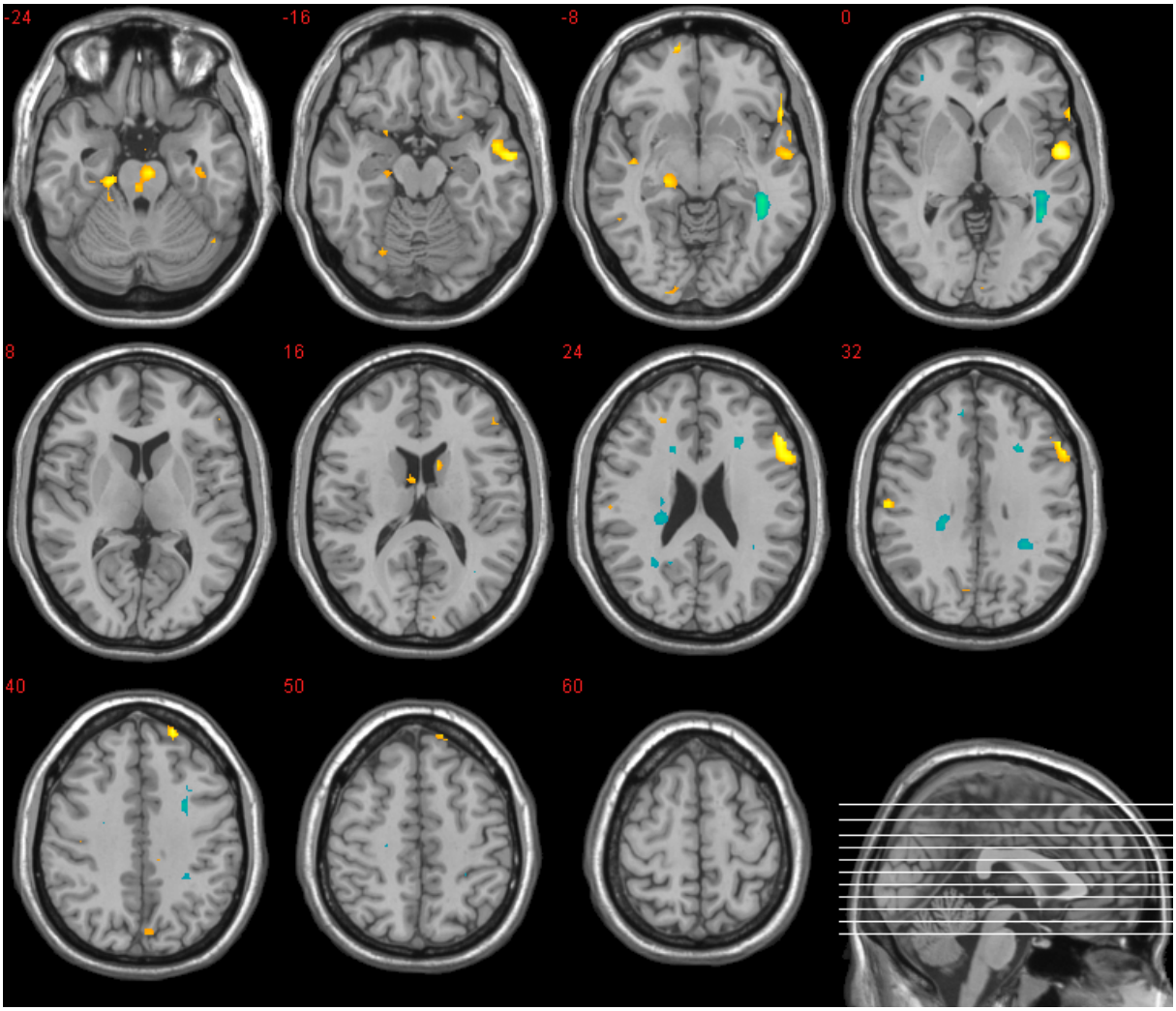


Abbildung 10-7: Aktivierungen mit liberalem Signifikanzniveau im Kontrast „Frauen (Wahrnehmende): Frauen Angst (rot) vs. Frauen Sport (blau)“

Die hier vorgelegte Dissertation habe ich eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt. Die Dissertation wurde in der vorgelegten oder in ähnlicher Form noch bei keiner anderen Institution eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den 05.04.2007 _____

Jörg Alexander Prehn