

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde

Direktor: Herr Prof. Dr. med. Dr. h.c. Zahnert

„Olfaktorische Wahrnehmung nach Emotionsinduktion“

**Eine Studie zur Untersuchung der Riechwahrnehmung in
Zusammenhang mit der aktuellen Emotionalität gesunder
Probanden**

D i s s e r t a t i o n s s c h r i f t

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus

der Technischen Universität Dresden

von

Elena Erwin

aus Göttingen

Dresden 2014

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung:

gez.: ----- Vorsitzender der Promotionskommission

1	Einleitung	3
1.1	Theoretischer Hintergrund	3
1.1.1	Emotionen	3
1.1.2	Emotionen nach Paul Ekman	5
1.1.3	Emotionen und Körper	8
1.1.4	Emotionen und Gehirnstrukturen	9
1.2	Die Emotion Traurigkeit und Depression	13
1.3	Das olfaktorische System	14
2	Fragestellung/Arbeitshypothese	17
3	Material und Methoden	18
3.1	Studiendesign	18
3.2	Ethische Aspekte	18
3.3	Ablauf des Screenings sowie Einführung in die Studie	19
3.3.1	Probandenauswahl	19
3.3.2	SDI mittels der „Sniffin‘ Sticks“	20
3.3.3	Psychologische Diagnostik / Beck-Depressions-Inventar	23
3.3.4	Psychologische Diagnostik / SKID	24
3.4	Olfaktometrie und Elektroenzephalogramm	24
3.4.1	Das Olfaktometer	24
3.4.2	Aufzeichnungen mittels Elektroenzephalografie (EEG)	29
3.4.3	Emotionsinduktion und Ablauf des Experimentes	31
3.4.4	Erste Sitzung (Screening)	31
3.4.5	Zweite und dritte Sitzung (Experiment)	33
3.5	Statistische Methoden	34
4	Ergebnisse	36
4.1	Ergebnisse Emotionsinduktion	36
4.1.1	Emotionsinduktion Sitzung „Kontrolle“	36
4.1.2	Emotionsinduktion Sitzung „Traurigkeit“	38

4.1.3	Vergleich der Emotionsinduktion zwischen den Sitzungen „Kontrolle“ und „Traurigkeit“	40
4.2	Ergebnisse der Ableitung olfaktorisch evozierter Potentiale	42
4.2.1	Latenzzeiten	42
4.2.2	Amplituden	43
4.3	Ergebnisse Schwellenmessung.....	45
5	Diskussion	46
5.1	Diskussion der Ergebnisse.....	46
5.1.1	Ergebnisse der Emotionsinduktion.....	46
5.1.2	Ergebnisse der Ableitung olfaktorisch evozierter Potentiale.....	47
5.1.3	Ergebnisse der Messung der olfaktorischen Schwelle	49
5.2	Methodenkritik.....	50
5.2.1	Stichprobenauswahl	50
5.2.2	Emotionsinduktion	50
5.2.3	Messung der Emotionalität	52
5.2.4	Ableitung olfaktorisch evozierter Potentiale	53
5.3	Ausblick	54
6	Zusammenfassung	55
6.1	Zusammenfassung Deutsch.....	55
6.2	Zusammenfassung Englisch (Summary).....	56
7	Literaturverzeichnis	58
8	Anhang	65
9	Abbildungsverzeichnis	73
10	Tabellenverzeichnis	75
11	Abkürzungsverzeichnis	76
	Erklärung zur Eröffnung des Promotionsverfahrens Fehler! Textmarke nicht definiert.	
	Erklärung zur Einhaltung rechtlicher Vorschriften	Fehler! Textmarke nicht definiert.

1 Einleitung

Die folgende Arbeit geht von der Grundannahme aus, dass das olfaktorische System und die Verarbeitung von Emotionen bei Menschen eng miteinander zusammenhängen. Zum einen wissen wir, dass olfaktorische Reize Emotionen auslösen können. Zum anderen ist bekannt, dass Patienten mit einer Erkrankung, die auch eine gestörte Emotionalität impliziert (z.B. die Depression), eine veränderte olfaktorische Funktion aufweisen. Diese Arbeit soll der Frage nach einem Zusammenhang zwischen aktueller Emotionalität und olfaktorischer Funktion nachgehen, indem bei gesunden Probanden die Emotion Traurigkeit induziert wurde und anschließend ihre olfaktorische Funktion anhand olfaktorisch evozierter Potentiale und den Sniffin' Sticks gemessen wurde. Ein interindividueller Vergleich fand statt, indem die Probanden in einer anderen Sitzung in indifferente Stimmung versetzt wurden. Zunächst wird ein Überblick über das Thema Emotionen und Geruchswahrnehmung gegeben. Anschließend werden die Studie und ihre Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

1.1 Theoretischer Hintergrund

1.1.1 Emotionen

Was steckt hinter dem Begriff „Emotionen“? Jeder Mensch kennt sie, bzw. hat eine eigene Vorstellung davon, wofür dieser Begriff stehen könnte. Eine eindeutige Erklärung oder Definition fällt jedoch schwer, was vielleicht unter anderem daran liegen mag, dass Menschen eine unterschiedliche Art haben, Emotionen zu empfinden oder wahrzunehmen.

In der vorliegenden Arbeit soll eine Annäherung an das Thema Emotionen erfolgen. Welche Emotionen gibt es und welche Theorien gibt es bezüglich der Empfindung von Emotionen? Im Laufe der Geschichte wurden viele verschiedene Emotionstheorien aufgestellt und diskutiert. An dieser Stelle sollen einige bedeutende Theorien dargelegt werden. Eine einheitliche, allgemeingültig anerkannte Klassifikation gibt es bisher jedoch nicht.

Die ersten bekannten, philosophisch geprägten Emotionstheorien stammen von den Kyrenaikern (4. Jh. v. Chr.) Aristoteles und Platon. Während die Kyrenaiker lediglich zwischen den Empfindungen Lust und Unlust unterschieden (Capelle, 1971), ging bereits **Aristoteles** 350 v. Chr. differenzierter vor. Auch wenn er den Menschen als Vernunftwesen ansah, ging er trotzdem von der Notwendigkeit aus, dass der Mensch angemessene Emotionen spüren und unangemessene Emotionen überwinden müsse. Er beschrieb die Emotionen: Zorn, Furcht, Begehren, Neid, Mut, Freude, Liebe, Hass, Sehnsucht, Eifersucht und Mitleid (Pause, 2004, S. 100). Er war der Ansicht, dass Emotionen hauptsächlich im

Kontext von Überzeugungen und Wünschen auftreten, die andere Menschen und die Umwelt betreffen. Laut seiner Überzeugung, haben Emotionen die Funktion, uns zu ermöglichen, bestimmte Handlungen auszuführen. So sah er z.B. die Emotion Ärger als Funktion, sich an anderen rächen zu können. Er definierte drei notwendige Bedingungen für das Empfinden einer Emotion. Der Mensch müsse sich in einem mentalen Zustand befinden, der es ihm erlaube, Situationen kognitiv zu bewerten, es müsse einen internalen Stimulus geben, der Emotionen auslöse und es müsse schließlich ein externaler Stimulus vorhanden sein, wie z.B. eine andere Person, der die Emotion gelte (Merten, 2003, S. 23-24). Die Theorien, basierend auf den Ideen von Aristoteles, wurden im Laufe der Geschichte unter anderem von den Stoikern Thomas von Aquin sowie Spinoza bearbeitet und weiterentwickelt. **Platon** stellte als Hauptaussage die These auf, dass Emotionen in der Seele lokalisiert seien und dort antagonistisch zu dem Verstand agierten. Im menschlichen Geiste finde ein ständiger Kampf statt zwischen Verstand und Gefühl um die Überlegenheit/Herrschaft über die Psyche (Lyons, 1999). Seine Ansätze wurden in der Geschichte von Descartes, Locke, Hume und James weiterverfolgt. **René Descartes** (1596-1650) definierte Emotionen vor allem über die körperliche Reaktion, die sie auslösen. Seiner Ansicht nach verfügt der Mensch über die sechs Basisemotionen: Liebe, Hass, Begierde, Freude, Trauer und Bewunderung. Obwohl er der Ansicht war, dass Emotionen der Seele zuzuordnen seien, war er der Meinung, dass jede Emotion eine körperliche Reaktion auslöse, die nicht nur der empfindenden Person einen Zugang zum Gefühlszustand ermögliche, sondern auch anderen Individuen, die somit bemerken könnten, dass jemand, selbst wenn er sich nicht sprachlich äußere, eine Seele bzw. einen Geist besitze. Seiner Theorie nach bewirke z.B. die Emotion Freude eine Erweiterung der Herzgefäße, deren Folge eine gute Durchblutung und somit eine kräftige Gesichtsfarbe sei. Im Gegensatz dazu löse die Emotion Traurigkeit eine Verengung dieser Gefäße und gleichzeitig ein blasses Hautkolorit aus (Perler, 2006). Andere Menschen könnten so die Emotion wahrnehmen und darauf reagieren. Als weiterer, interessanter Ansatz aus der älteren Geschichte sei die Theorie von **Baruch de Spinoza** (1632-1677) genannt. Er beschrieb lediglich zwei emotionale Zustände als Basis und Baustein für weitere Empfindungen. So habe jeder Gemütszustand als Basis entweder Freude oder Schmerz. Durch gedankliche Verarbeitung entstehe dann das empfundene Gefühl. Als Beispiel sei das Gefühl von Liebe genannt. Es entstehe aus einem angenehmen Gefühl für eine andere Person. Wenn der Mensch diese Person für das angenehme Gefühl verantwortlich machen könne, empfinde er Liebe. Genauso verhielte es sich bei Wut oder Hass. Auch Spinoza ging von einer Interaktion zwischen kognitiven und körperlichen Prozessen aus. Gedankliche Prozesse begleiteten körperliche Reaktion und beeinflussten diese (Merten, 2003, S.24-25).

Mitte des 19. Jahrhunderts stellte **Charles Darwin** in seinem Werk „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen beim Menschen und den Tieren“ (1872) eine These bezüglich Emotionen auf. Seine Forschung bezog sich vor allem auf den angeborenen mimischen Gesichtsausdruck von Emotionen und dessen Funktion für das Individuum. Im Gegensatz zu seinem Zeitgenossen Charles Bell (1806), ging er im Rahmen seiner Evolutionstheorie davon aus, dass Emotionen nicht Ausdruck der menschlichen Seele seien, sondern einen Vorteil zum Überleben darstellten. Jede Emotion habe eine klare Funktion. So solle zum Beispiel die Emotion Angst dem Menschen ermöglichen, aus einer für ihn gefährlichen Situation zu flüchten und ihm somit einen Überlebensvorteil zu sichern. Wut sei dazu bestimmt, einen potentiellen Gegner zu verschrecken, bevor dieser angreife. Die Funktion der Mimik sah er ebenfalls darin, eine Synchronisation in einer Gruppe zu ermöglichen. So könnten Mitglieder aus einer Gruppe angemessen darauf reagieren, wenn ein einzelnes Individuum zum Beispiel eine Bedrohung wahrnehme (Merten, 2003, S. 38). Darwins Aspekt des konkreten mimischen Ausdrucks von Emotionen nahmen im 20. Jahrhundert vor allem die Emotionsforscher Tomkins (1962), Izard (1977) und **Ekman** auf. Darwins theoretische Abhandlungen wurden von ihnen weiterentwickelt und versucht empirisch zu belegen. Die Grundlage ihrer Forschung bezieht sich darauf, dass jeder Mensch über gewisse Basisemotionen verfüge, die angeboren seien und es dass es eine bestimmte Mimik gebe, die ihnen Ausdruck verleihe.

1.1.2 Emotionen nach Paul Ekman

In der vorliegenden Studie wurden die sechs Basisemotionen nach Paul Ekman (Ekman et al., 1987) empirisch erfasst. Auf diese soll an dieser Stelle besonderes Augenmerk gerichtet werden. Ekman beschrieb bereits 1969 gemeinsam mit Wallace Friesen, dass es sieben Basisemotionen gebe (Ekman & Friesen, 1969). Dazu gehörten Angst, Ärger, Ekel, Freude, Trauer, Überraschung und Verachtung. Aufgrund der nahen Verwandtschaft zwischen Ekel und Verachtung fasste er in späteren Studien diese beiden Emotionen zusammen. Wie auch Darwin war er der Ansicht, Emotionen seien angeboren und zeigten einen stereotypen Gesichtsausdruck, mithilfe dessen ein anderer Mensch Rückschlüsse auf die empfundene Emotion ziehen könne. Zu seiner Zeit gingen andere Emotionsforscher, wie z.B. Margaret Mead davon aus, dass Emotionen und die von ihnen ausgelöste Mimik erlernt und von Kultur zu Kultur unterschiedlich ausgeprägt seien (Mead, 1975). Ekman begann seine Studien über menschliche Emotionen und deren Gesichtsausdrücke damit, dass er Probanden aus fünf Ländern (USA, Japan, Australien, Argentinien und Chile) Photographien von Gesichtsausdrücken zeigte und sie bat zu beurteilen, welches Gefühl der gezeigte Gesichtsausdruck am ehesten darstelle.

Er kam zu dem Ergebnis, dass die Probanden länder- und kulturübergreifend bezüglich der gezeigten Gesichtsausdrücke derart ähnlich urteilten, dass die Annahme nahe lag, emotionale Gesichtsausdrücke seien universal. Um auszuschließen, dass die von ihm beobachtete Übereinstimmung nicht dadurch zustande gekommen war, dass in miteinander eng vernetzten Kulturen, Emotionen auf ähnliche Art und Weise erlernt würden, führte Ekman seine Forschungen in Gebieten fort, in denen es keinerlei Zivilisation gab. So besuchte er mehrere Monate eine Bergregion in Papua-Neuguinea. Das dort sesshafte Volk der Fore lebte zu dieser Zeit als „Steinzeitkultur“ ohne größere Einflüsse von außen. Die Menschen dort konnten weder lesen noch schreiben. Ekman zeigte mehr als 300 Personen der Fore die Photographien von Gesichtern und befragte sie nach der abgebildeten Emotion (Ekman, 2010, S. 14). Er las Ihnen dabei verschiedene Möglichkeiten von Szenarien/Emotionen vor und ließ sie auswählen, welches Bild zu welcher Emotion passe. Für die Emotionen Ärger, Ekel, Trauer und Freude kam er zu den eindeutigen Ergebnissen, dass sie dem Menschen angeboren sein müssen, da sie interkulturell universal identifiziert und empfunden werden. Für die Gefühle Angst und Überraschung waren die Ergebnisse hingegen nicht eindeutig. Diese beiden Emotionen wurden bei dem Volk der Fore im Gegensatz zu amerikanischen Probanden nicht unterschieden. Bis auf eine mutmaßliche enge Verknüpfung im Erleben von Furcht und Überraschung hatten Ekman et al. keine Erklärung für dieses Phänomen (Ekman et al., 1987). Sie bewiesen so die Universalität von Emotionen, dennoch wies Ekman auch deutlich darauf hin, dass die Basisemotionen bei jedem Menschen unterschiedlich ausgeprägt seien und situationsbedingt nicht stereotyp aufträten (Ekman, 2010, S.24). So hätten manche Menschen Angst vor Spinnen oder vorm Fliegen, andere jedoch nicht. Nicht jeder Mensch ärgere sich im Restaurant gleichermaßen über eine unfreundliche Bedienung. Manche Menschen betrauernten den Tod einer öffentlichen Person, als hätten sie diese gekannt. Andere wiederum empfänden dabei kaum etwas.

Allgemein definiert Ekman Emotionen folgendermaßen: „Eine Emotion ist ein Prozess, eine spezielle Art von automatischer Bewertung der Lage, die von unserer evolutionären und persönlichen Vergangenheit beeinflusst ist. Durch sie nehmen wir wahr, wenn sich etwas für unser Wohlbefinden Bedeutsames ereignet, woraufhin sich eine Reihe von physiologischen Veränderungen und emotionalen Verhaltensweisen der Situation anzunehmen beginnen“ (Ekman, 2010, S.18). Ekman unterscheidet Emotionen und Stimmungen. Der wichtigste Unterschied sei dabei die zeitliche Dimension. Emotionen seien von kurzer Dauer, also Sekunden bis Minuten. Stimmungen verliefen über einen bis mehrere Tage und seien in der Intensität ein abgeschwächter emotionaler Zustand. Emotionen entstünden oft auf der Grundlage einer Stimmung. So könne sich etwa die Stimmung von einer leichten Traurigkeit

schnell zu tiefer Trauer entwickeln. Oder ein mittelstark ausgeprägter Verdruss könne bei kleinstem Stimulus schnell in starken Ärger umschlagen (Ekman, 2010, S.71). Es gibt nach Ekman auch Auslöser für Emotionen, die stereotyp ablaufen. So empfänden die meisten Menschen bei klar definierten Bedrohungen der Existenz Furcht. Als Beispiel für einen universellen Auslöser des Gefühls Furcht, nennt er die Situation eines Autofahrers, dem ein Zusammenstoß droht, welcher sein Leben gefährdet. Das Gefühl der Angst würde es dem Menschen in dieser Situation ermöglichen, schnell und adäquat zu reagieren (Ekman, 2010, S. 26-27). Es müsse also automatische Bewertungsmechanismen geben, die unsere Umwelt ständig auf Gefahren für unser Wohlbefinden abtasteten und uns somit unser Überleben sicherten. Dieser Mechanismus sei derzeit noch unklar. Es sei zu hoffen, dass zukünftige Untersuchungen eine Annäherung an dieses Phänomen bringen würden.

Ekman geht zwar davon aus, dass die Basisemotionen auf die Evolution des Menschen zurückzuführen seien. Jede der Basisemotionen müsse evolutionsbiologisch einen Überlebens/Fortpflanzungsvorteil gehabt haben und sei für uns existenziell. Dennoch ist er der Ansicht, dass dies lediglich die Anlage sei, mit der wir geboren würden. Er hält es für sehr wahrscheinlich, dass im frühen Lern- und Entwicklungsprozess eines Menschen durch individuelle Erlebnisse Auslöser unterschiedlich verarbeitet, gespeichert und letztlich ausgeprägt würden. Dies begründe die unterschiedliche Ausprägung der Basisemotionen bei verschiedenen Menschen. Das Erkennungsspektrum der erwähnten automatischen Bewertungsmechanismen unterliege also den unterschiedlichen Erfahrungen, die Menschen im Laufe ihres Lebens machten. So speichere jeder Mensch seine persönlichen Erlebnisse ab und diese beeinflussten unvermeidlich zukünftiges Erleben, da sie die automatischen Bewertungsmechanismen in uns erweiterten, formten und individualisierten. Er spricht von einer „Alarmdatenbank“, in der die verschiedenen Auslöser entwickelt und gespeichert werden (Ekman, 2010, S. 41-42).

Es erscheint nachvollziehbar, dass Menschen ein Einzelerlebnis anders empfinden, wenn sie schon einmal ein ähnliches durchlebt haben, als solche, die in der Vergangenheit ein derartiges Erlebnis nicht hatten. Verlustängste - so Ekman - seien beispielsweise bei Menschen mit hohen persönlichen Verlusterlebnissen ausgeprägter vorhanden als bei Menschen, die diese Erlebnisse nicht hatten. Vermutlich vor dem Hintergrund persönlicher Erfahrung hätten Menschen aus Städten in Amerika Angst vor einem Raubüberfall. Mitglieder der Fore aus Papua-Neuguinea hätten eher Angst vor dem Angriff eines Wildschweines. In beiden Fällen liege jedoch die Angst vor Bedrohung zugrunde, welche isoliert betrachtet interkulturell sehr ähnliche Formen hätte. Durch unterschiedliche

Erfahrungen von Erlebtem entstünden jedoch unterschiedliche Auslöser dieser Furcht (Ekman, 2010, S.32-33).

1.1.3 Emotionen und Körper

Es ist unbestritten, dass es bestimmte körperliche Reaktionen gibt, die Emotionen begleiten. Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten William James (James, 1884) und Carl G. Lange (Lange, 2012) eine Theorie über Emotionen und ihren Bezug zu körperlichen Reaktionen. Aufgrund der Übereinstimmung zwischen James und Lange, wurden deren Ansichten später als James-Lange-Theorie zusammengefasst (Merten, 2003, S. 67). Beide gingen davon aus, dass eine Emotion auf eine körperliche Reaktion folgte. Ihrer Meinung nach entstehe durch bestimmte Stimulation und deren kognitive Wahrnehmung im Körper eine Reaktion. Die Wahrnehmung dieser Reaktion führe dann zur Emotionsbildung. Nach ihrer Theorie weinen wir nicht, weil wir traurig sind, sondern wir sind traurig, weil wir weinen. Wir flüchten nicht weil wir Angst haben, sondern empfinden Angst, weil wir flüchten (James, 1884). Anders als Ekman bezeichnen sie einen Gesichtsausdruck nicht als Folge einer Emotion, sondern die Emotion als die Folge des Gesichtsausdrucks.

Bereits 1927 wurden James und Lange von Walter B. Cannon kritisiert. Er ging zwar auch davon aus, dass körperliche Reaktionen zu einer Emotion führten, lokalisierte diese Region jedoch im Gehirn als zentralnervösen Prozess. Dieser Prozess würde gleichzeitig zu einer peripheren körperlichen Reaktion sowie einer subjektiven Emotionsempfindung führen (Cannon, 1927). Als weitere Kritiker von James & Lange sind Schachter & Singer zu erwähnen. Sie postulierten 1962 die These, dass ein emotionaler Zustand als Funktion eines physiologischen Erregungszustands und einer für diesen Erregungszustand „passenden“ Kognition angesehen werden kann (Schachter & Singer, 1962). Nach ihnen sei für die Entstehung einer Emotion eine körperliche Empfindung zwar notwendig, trete aber gleichzeitig mit einer kognitiven Bewertung auf, die dann die Emotion maßgeblich bestimme. Bei Konfrontation mit einem angstausslösenden Reiz ginge die Beschleunigung der Herzfrequenz mit einer kognitiven Bewertung dieser einher. „Mein Herz klopft, weil ich Angst habe“. Dieses Zusammenspiel führe dann zum Erleben des Gefühls Angst (Goschke, 2012).

Trotz der schon zeitnah aufkommenden Kritik an der James-Lange Theorie, war sie noch Jahrzehnte später Gegenstand von zahlreichen Forschungsarbeiten. Für die Sicherung der Evidenz mittels empirischer Daten kamen Studien zum Einsatz, bei denen die Emotionen bei Menschen mit Rückenmarksverletzung, also anatomisch eingeschränkter körperlicher Reaktionsfähigkeit, untersucht wurden. Laut These von James und Lange sollten diese

Probanden durch die körperliche Einschränkung eine geringere Intensität des Empfindens aufweisen. Nachdem George W. Hohmann schon 1966 sowie Chwalisz et al. 1988 Probanden mit Rückenmarksverletzung bezüglich ihres emotionalen Erlebens untersucht hatten, unternahmen Bermond et al. eine Studie an 37 Probanden mit Rückenmarksverletzung und befragten sie zu ihrer körperlichen Wahrnehmung und ihrem emotionalen Erleben (Bermond et al., 1991). Ihren Untersuchungen zufolge ist die Wahrnehmung der körperlichen Reaktion in Verbindung mit Emotionen zwar vermindert, die Wahrnehmung der Emotion an sich jedoch nicht. Sie fanden heraus, dass die Intensität der Wahrnehmung von Ärger und Angst bei Probanden mit Rückenmarksschädigung sogar verstärkt war, obwohl die körperliche Reaktion als vermindert angegeben wurde.

Die James-Lange Theorie wurde durch diese Befunde zwar nicht eindeutig widerlegt, da es Hinweise auf einen Einfluss von körperlichen Reaktionen auf die Emotionswahrnehmung gab. Bermonds Ergebnisse widersprachen jedoch der These, dass die körperlichen Reaktionen der Ursprung von emotionalen Zuständen seien.

Emotionen und allgemeine Körperreaktionen

Die Empfindung einer Emotion bewirkt oft eine körperliche Reaktion. Diese Veränderungen finden in verschiedenen neurovegetativen Reaktionen des Körpers statt. So untersuchten Ekman et al., 1983 die körperlichen Reaktionen beim Empfinden folgender Basisemotionen: Ärger, Traurigkeit, Angst, Freude, Überraschung und Ekel. Sie untersuchten bei gesunden Probanden nach Emotionsinduktion die Parameter Herzfrequenz, Körpertemperatur (gemessen am Finger), Muskelspannung (gemessen am Arm) und Hautleitfähigkeit. Sie zeigten eine deutliche Beschleunigung des Herzschlages in Verbindung mit den Emotionen Angst, Ärger und Traurigkeit. Hingegen ergaben sich bei Freude, Überraschung und Ekel keine signifikanten Veränderungen. Die Körpertemperatur erhöhte sich signifikant nur beim Empfinden der Emotion Ärger. Bezüglich der Armmuskelspannung ergaben sich keinerlei signifikante Veränderungen. Die Hautleitfähigkeit sank signifikant nur bei der Emotion Traurigkeit.

1.1.4 Emotionen und Gehirnstrukturen

Erste eindeutige Hinweise darauf, dass die einzelnen Strukturen des Gehirns eine unmittelbare Bedeutung für die Bildung von Emotionen haben, ergaben sich aus dem berühmten Fallbericht des Phineas Gage. Gage war 1848 bei einem Arbeitsunfall sehr schwer am Gehirn verletzt worden. Eine Eisenstange hatte sein Gehirn durchbohrt. Zum Erstaunen seiner Ärzte hatte er diesen Unfall zwar überlebt und hatte auch weder

körperliche Einbußen noch Einschränkungen der kognitiven Fähigkeiten wie Schreiben oder Rechnen. Zu beobachten war jedoch, dass sich das Verhalten dieses Mannes nach seinem Unfall gravierend verändert hatte. Er galt vor seinem Unfall als ein verantwortungsbewusster, sozial gut integrierter, freundlicher und zuverlässiger Mensch. Nach seiner Verletzung verhielt er sich jedoch impulsiv, launisch und respektlos. Heute weiß man, dass diese Verhaltensänderung bei Schäden im Frontalhirn auftritt (Orbitalhirnsyndrom), da dieses unter anderem einen wichtigen Einfluss auf die Verarbeitung von Emotionen und die damit verbundenen Entscheidungen und Handlungen hat (Damasio et al., 1994).

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die Strukturen im Gehirn erfolgen, die an der Emotionsbildung beteiligt sind.

Das Limbische System

Das limbische System wird aus neuroanatomischer Sicht als das Zentrum der „Emotionslokalisierung im Gehirn“ bezeichnet. Der Begriff „limbisches System“ fasst verschiedene Gehirnstrukturen zusammen, die einen starken Einfluss auf die Bildung von Emotionen, Gedächtnis und vegetative Prozesse haben. Dieses System wird weniger nach der topographischen Nähe der einzelnen Bestandteile zueinander, sondern eher wegen der funktionellen Verbindung untereinander zusammengefasst. Das System besteht nach Trepel aus den folgenden Komponenten: dem Hippocampus, Gyrus cinguli, Gyrus parahippocampalis, Corpus amygdaloideum (Amygdala) sowie dem Corpus mammillare. Große Teile des Riechhirns werden ebenfalls dazu gezählt (Trepel, 2003, S. 203).

Der Hippocampus

Der Hippocampus ist im Temporallappen lokalisiert. Er stellt sich als bogenförmige Struktur dar und gilt als wichtige Schaltstelle für das gesamte Gehirn. Der Hippocampus erhält zahlreiche Afferenzen und Efferenzen. Afferenzen vor allem von anderen Bereichen des limbischen Systems - insbesondere vom Gyrus parahippocampalis, welche ihm auditorische, somatosensible, visuelle und olfaktorische Signale vermitteln. Nach Phelps (2004) hat der Hippocampus eine sehr wichtige Funktion für die Gedächtnisleistung, für die Darstellung eines Gefühls und für die Interpretation von Ereignissen.

Studien konnten zeigen, dass der Hippocampus eine große Rolle bei der Verbindung zwischen Gedächtnis und Emotionsbildung spielt. So zeigen Experimente, in denen ein visueller Reiz (z.B. ein bestimmter Lichtreiz) gesetzt wurde und ein anderer Reiz (z.B. ein elektrischer Schock) folgte, bei gesunden Probanden im Laufe des Experiments eine modulierte körperliche Reaktion (gemessen am Hautwiderstand) auf den visuellen Reiz. Sie

konnten sich an die Folgen des Reizes erinnern. Patienten, denen der Hippocampus operativ entfernt wurde, waren nicht in der Lage, kognitiv eine Verbindung zwischen zwei Reizen herzustellen. Sie zeigten eine körperliche Reaktion beim Betrachten des visuellen Reizes, konnten jedoch kognitiv keinen Zusammenhang herstellen. Die Emotion Angst wurde zwar gebildet, es war ihnen kognitiv jedoch nicht möglich, diese Reaktion mit dem Stimulus zu verbinden (Phelps, 2004).

Die Amygdala

Die Amygdala, auch als „Mandelkern“ bezeichnet, befindet sich im Temporallappen und setzt sich aus mehreren Einzelkernen zusammen. Als Teil des limbischen Systems enthält sie Afferenzen und Efferenzen aus anderen Strukturen dieses Systems. Ihr werden viele Funktionen zugeordnet. Sie wirkt einerseits regulierend auf vegetative Zentren wie den Hypothalamus. Andererseits wird ihr eine zentrale Rolle im Prozess von Emotionen zugeschrieben. So sei sie verantwortlich für die Vermittlung von motorischen Reaktionen bei Empfindung einer Emotion. Dazu gehören z.B. Weinen bei Traurigkeit, Initiation von Lachen oder auch Verhaltensweisen, wie Flüchten bei Angst. Des Weiteren wird ihr eine zentrale Rolle für das Gedächtnis von emotionalen Inhalten zugeschrieben (Trepel, 2003, S. 202). Die wichtige Funktion für die Entstehung von Gefühlen wie z.B. Angst zeigten Studien an Probanden, denen die Amygdala operativ entfernt worden war. LaBar et al. führten ebenfalls ein Studie mittels eines simplen Angstparadigmas durch. Sie zeigten Probanden einen visuellen Reiz und gaben ihnen kurz darauf einen Stromstoß. Gesunde Probanden reagierten im Laufe des Experiments schon auf den visuellen Reiz mit angstähnlichen Gefühlen und einer dementsprechenden körperlichen Reaktion. Patienten nach Entfernung der Amygdala, konnten zwar kognitiv den visuellen Reiz mit dem Stromstoß verbinden, zeigten jedoch keine Angstreaktion bei der Präsentation des visuellen Reizes. Sie wussten, dass ein Stromstoß folgen wird, konnten jedoch keinen emotionalen Zusammenhang empfinden (LaBar et al., 1995).

Die unterschiedlichen Untersuchungen zu Amygdala und Hippocampus legen den Schluss nahe, dass diese beiden Komponenten gleichzeitig und dennoch unabhängig voneinander arbeiten. Die Amygdala verbindet den Stimulus mit der physiologischen Reaktion einer Emotion. Der Hippocampus verbindet die physiologische Reaktion mit dem kognitiven Verständnis und Bewusstsein der Emotion (Phelps, 2004).

Der Gyrus cinguli

Als weitere wichtige Struktur im Prozess von Emotionen sei der Gyrus cinguli genannt. Es handelt sich dabei um eine Struktur oberhalb des Balkens. Der Gyrus cinguli beeinflusst vegetative Funktionen und Schmerzempfindung. Zusätzlich ist er an der Ausführung von Psycho- und Lokomotorik beteiligt. Patienten, bei denen die Funktion des Gyrus cinguli z.B. aufgrund von Tumoren gestört ist, leiden unter schweren Persönlichkeitsveränderungen. Sie wirken psychomotorisch schwer eingeschränkt und präsentieren sich abgestumpft ihrer Umwelt gegenüber. Lokomotorisch imponiert eine schwere Bewegungsarmut. Studien zeigen, dass stereotaktisch durchgeführte neurochirurgische Eingriffe am Gyrus cinguli eine deutliche Verbesserung der Symptomatik bei Patienten mit therapieresistenten affektiven Störungen oder Angststörungen bewirken kann (Cosgrove & Rauch, 2003).

Der Präfrontale Cortex

Der präfrontale Cortex ist im Frontallappen lokalisiert und ist eine äußerst wichtige Struktur für das Kurzzeitgedächtnis ebenso wie für höhere Funktionen, z. B. Rechnen und planendes Denken. Zusätzlich wird ihm eine wichtige Funktion bei der Emotionsbildung und Bildung von Gedächtnisinhalten mit emotionaler Komponente zugeschrieben. So ist er z.B. maßgeblich für die Ausbildung von Empathiefähigkeit und ethischem Gewissen verantwortlich (Trepel, 2003, S. 218). Anhand des oben genannten Fallberichts von Phineas Gage gab es bereits im 19. Jahrhundert Hinweise darauf, welche Auswirkungen es haben kann, wenn der präfrontale Cortex geschädigt ist. Im heutigen klinischen Alltag kennt man dieses Phänomen vor allem im Zusammenhang mit der Krankheit Demenz. Bei einer bestimmten Form, die weniger als fünf Prozent der Demenzen ausmacht, liegt eine Atrophie des Frontallappens zugrunde. Bei der von Arnold Pick 1892 erstmals beschriebenen Erkrankung, kommt es zu einem distanzlosen, enthemmten Verhalten der Patienten, während das Gedächtnis vorerst intakt bleibt. Die Patienten fallen zunächst durch ihre Persönlichkeitsveränderungen auf (Masuhr & Neumann, 2007).

Der Hypothalamus

Der Hypothalamus mit seinen Kerngruppen ist für die Steuerung von vegetativen Prozessen verantwortlich. Dazu gehören die Regulierung von Durst, Hunger, Körpertemperatur, zirkadiane Periodik und Schlaf. Dieses System läuft nach einem „Ist-Sollwert-Prinzip“ ab und funktioniert meist über Einleitung von Hormonausschüttung durch weitere Organe. Wird im Hypothalamus ein abweichender Ist-Wert, wie z.B. Flüssigkeitsmangel registriert, wird über ihn eine Reaktion wie Durst initiiert. Neben seiner Funktion für das vegetative System, wird ihm auch eine wichtige Funktion für Antrieb und Emotion zugeschrieben (Birbaumer &

Schmidt, 2006). Er bekommt Signale über emotionale Prozesse aus der Amygdala und leitet über Hormonausschüttung eine körperliche Reaktion ein (Rüegg, 2007).

1.2 Die Emotion Traurigkeit und Depression

Die Annahme der vorliegenden Arbeit ist, dass Emotionen die Geruchswahrnehmung beeinflussen. Studien konnten zeigen, dass die olfaktorische Funktion bei Patienten mit Depression stark reduziert ist (Pause et al., 2003; Croy et al., 2013). Die Schwelle, an der ein Geruch wahrgenommen werden kann, ist bei Patienten mit Depression für die Geruchsstoffe Phenylethylalkohol (PEA) und Eugenol signifikant vermindert (Pause et al., 2001). Negoias et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie zeigten zusätzlich, dass bei Patienten die unter einer Major Depression leiden, das Volumen des olfaktorischen Bulbus vermindert ist und die olfaktorischen Funktionsleistung mit der Schwere der depressiven Symptomatik (gemessen mittels Beck-Depressions-Inventar) negativ korreliert (Negoias et al., 2010).

Die Depression ist nicht die einzige Störung, bei der die olfaktorische Leistung beeinflusst ist. Bei Patienten die unter einer Posttraumatischen Belastungsstörung (Croy et al., 2010) oder Anorexie (Lombion-Pouthier et al., 2006) leiden, zeigte sich eine verstärkte olfaktorische Funktion.

Mit dem Wissen, dass die olfaktorische Funktion bei depressiven Patienten herabgesetzt ist und die Depression mit einer veränderten Stimmungslage einhergeht, soll in der vorliegenden Arbeit systematisch untersucht werden, ob aktuelle Emotionalität unabhängig von einer psychischen Erkrankung, einen direkten Einfluss auf die Geruchswahrnehmung hat.

Auf die mögliche Ursache, Symptomatik und Therapie der Erkrankung Depression an sich soll an dieser Stelle nicht genauer eingegangen werden. Es sei jedoch festgehalten, dass die Depression eine psychiatrische Erkrankung ist, bei der die Patienten als Leitsymptom unter einer gedrückten Grundstimmung leiden (Laux, 2009, S. 389). Diese Erkrankung wird in Deutschland unter den Kriterien diagnostiziert, wie sie in der „Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten“ (ICD-10-GM) bzw. in dem amerikanischen „Diagnostic And Statistical Manual Of Mental Disorders“ (DSM IV) festgelegt sind. Die traurige Grundstimmung kann von leichter Herabsetzung der Stimmungslage bis zur völligen Gefühllosigkeit reichen (Laux, 2009, S. 387). Karl Jaspers, der Begründer der systematischen Psychopathologie, formulierte das Leiden bei Depression als „...motivlose, tiefe Traurigkeit, zu der eine Hemmung alles seelischen Geschehens kommt, die sowohl subjektiv schmerzlich empfunden, als auch objektiv festzustellen ist.“ (Jaspers, 1913).

Ekman beschrieb die Emotionalität von Menschen mit Depression folgendermaßen: Während es bei gesunden Menschen meist noch möglich sei, dass eine Stimmung oder Emotion von einer anderen abgelöst oder überlagert werde, sei ein wichtiges Kennzeichen von Menschen mit Depression, dass dies nicht mehr möglich sei. Die Grundstimmung beeinflusse ihr Denken und Handeln in derartigem Ausmaße, dass meist alle Lebensbereiche davon betroffen seien. Auch körperliche Funktionen wie Schlaf oder Nahrungsaufnahme könnten durch Depressionen gestört sein. Depressive Episoden könnten von Wochen bis zu Jahren dauern (Ekman, 2010, S. 131-132).

Wenn Menschen im Allgemeinen, unabhängig von einer emotionalen Störung Traurigkeit empfinden, gibt es viele Wörter zur Beschreibungen dieser Stimmung: niedergeschlagen, bedrückt, deprimiert, hilflos, enttäuscht, bestürzt oder elend. Laut Ekman setze sich diese Stimmung aus zwei Komponenten zusammen: Trauer und Verzweiflung. Diese beiden Komponenten wechselten sich im Verlauf der Empfindung fortlaufend ab. Der Zeitraum, den der emotionale Zustand anhält, ist laut Ekman vor allem durch die Intensität der Empfindung bestimmt. Als universellen Auslöser dieser Emotion nennt er das Verlusterlebnis, sei es der Verlust eines geliebten Menschen, Verlust an Selbstachtung durch ein nicht erreichtes Ziel, Verlust der Achtung durch andere, Verlust von Gesundheit oder bei manchen Menschen auch der Verlust eines persönlichen, wichtigen Gegenstandes. Die Dauer der Emotion bzw. Stimmung sei von der Intensität des Erlebens abhängig. Der Prozess der Emotionsverarbeitung laufe bei Menschen nicht gleich ab und sei beeinflusst von unterschiedlich stark ausgeprägten Charaktereigenschaften (Ekman, 2010, S. 118).

1.3 Das olfaktorische System

Die Darstellung des olfaktorischen Systems in seiner Komplexität soll sich im folgenden Überblick hauptsächlich auf die Beschreibung von kortikalen Strukturen beziehen, bei denen bekannt ist, dass sie in Verbindung zu emotionalen Prozessen stehen.

In der menschlichen Nasenhöhle befindet sich das Riechepithel. Es besteht aus spezialisierten Riechzellen unter anderen den olfaktorischen Rezeptorneuronen, die von Düften aktiviert werden. Das aktivierende Signal wird von einem chemischen Impuls in ein elektrisches Signal umgewandelt und über die Fila olfactoria zum Bulbus olfactorius weitergeleitet. Als erste zentrale Anlaufstation werden die Signale dort konvergiert und ausgehend von den Mitralzellen über den Tractus olfactorius lateralis (LOT) zum „olfaktorischen Cortex“ weitergeleitet.

Abbildung 1 Übersicht der Riehbahn nach Schünke et al., 2006.

Folgende Strukturen werden dem primären olfaktorischen Cortex zugeordnet: Der **Nucleus olfactorius anterior**, der als Hauptschaltstelle für Feedback-Verbindungen zum **Bulbus olfactorius** angesehen wird. Die genaue Funktion des **Nucleus olfactorius anterior** für den Prozess von olfaktorischen Reizen ist bisher unklar, er zeigt sich allerdings bei Morbus Parkinson früh betroffen. Der **piriforme Cortex** befindet sich am Übergang vom Frontallappen zum Temporallappen und bedeckt die Amygdala. Er wird als eines der Hauptzielgebiete von olfaktorischen Projektionen angesehen und verfügt über Afferenzen zu den meisten Strukturen im olfaktorischen System. Er gilt neben dem Bulbus olfactorius als die wichtigste Schaltstelle der zentralen Riechbahn (Witt & Hansen, 2009, S.20-23). Das olfaktorische System ist das einzige sensorische System, bei dem die Signale nicht primär über eine Umschaltung im Thalamus zum Cortex gelangen. Deswegen wird der piriforme Cortex als primäre Riechrinde bezeichnet (Schünke et al., 2006, S.372). Die **Amygdala** (Mandelkern) liegt seitlich, unterhalb des piriformen Cortex. Ein Teil der Amygdala, der Nucleus corticalis, erhält direkt Signale von Fasern des Tractus olfactorius lateralis. Laterale und zentrale Mandelkernabschnitte erreicht der LOT indirekt (Witt und Hansen, 2009, S. 23). Die Amygdala selbst projiziert Signale zum orbitofrontalen Kortex, Thalamus und Hypothalamus. Wie schon erwähnt, ist die Amygdala wichtig für die Verbindung zwischen einem Reiz und einer Emotion. Studien an Ratten zeigten mittels eines Angstparadigmas, bei dem ein olfaktorischer Reiz mit einem provozierten Schmerz verbunden wurde, dass die Amygdala in diesem Prozess maßgeblich beteiligt ist (Otto et al., 2000). Einen Überblick die Riechbahn gibt die *Abbildung 1*. Hudry et al. berichten 2001 anhand einer Studie an Epilepsie-Patienten, denen intrazerebrale Elektroden implantiert worden waren, dass direkt in der Amygdala olfaktorisch induzierte Potentiale abgeleitet werden konnten. Verschiedene Arbeiten weisen darauf hin, dass die Amygdala vorwiegend bei negativ empfundenen Stimuli aktiviert wird und somit als Filter für negativ und positiv besetzte Gerüche wirken könnte (Zald, 2003). Demgegenüber steht jedoch die fMRT-Studie von Anderson et al., die zeigt, dass olfaktorische Reize in der Amygdala eher abhängig von ihrer Intensität und nicht von ihrer Wertigkeit verarbeitet werden (Anderson et al., 2003).

Einen weiteren Erklärungsansatz bezüglich der Verbindung zwischen olfaktorischem Reiz und Emotion in der Amygdala, bieten Winston et al. Laut ihrer fMRT Studie codiert die Amygdala weder nur die Intensität noch die Valenz eines Geruchs, sondern eine Kombination aus beidem, die den gesamten emotionalen Wert eines Stimulus widerspiegelt. Sie konnten zeigen, dass die Amygdalaaktivität zwar unter anderem von der Intensität eines Reizes abhängt, jedoch nicht ausschließlich. Eine Valenz des Reizes müsse gleichermaßen vorliegen. So aktivieren neutral bewertete Reize, unabhängig von ihrer dargebotenen Intensität, die Amygdala nicht in dem Ausmaß, wie emotional intensiv bewertete Reize. Die

Ausprägung der Amygdalaaktivität bezüglich der Intensität werde bei Stimuli mit ausreichender Valenz (positiv/negativ) dennoch deutlich (Winston et al., 2005).

Der **entorhinale Cortex**, der ebenso zum olfaktorischen Cortex gezählt wird, ist im Temporallappen lokalisiert. Er ist dabei die am weitesten hinten gelegene Struktur. Neben der Projektion zum Bulbus olfactorius führen seine Fasern vor allem zum Hippocampus.

Das **ventrale Striatum** bezeichnet miteinander verbundene Teile vom Nucleus caudatus, Putamen und ventralem Pallidum. Bei diesen Strukturen ist bisher lediglich bekannt, dass sie durch olfaktorische Reize aktiviert werden, ihre speziellen Verschaltungen sind jedoch bisher unklar.

Die Fasern der genannten Strukturen des olfaktorischen Cortex ziehen zum sogenannten **Neocortex** (auch sekundärer olfaktorischer Cortex genannt) weiter, in dem die Gerüche weiter analysiert und interpretiert werden.

Hierzu zählt man den Hippocampus, Hypothalamus, orbitofrontalen Kortex und die Inselrinde (Witt & Hansen, 2009). Wie oben erwähnt, werden dem **Hippocampus** wichtige Funktion für die Gedächtnisleistung zugeschrieben. So scheint er auch eine große Rolle für das Geruchsgedächtnis zu spielen. Offenbar ermöglicht er es, dass bestimmte Geruchseigenschaften dem deklarativen Gedächtnis zugänglich sind (Pause, 2004, S. 86). Der **Hypothalamus** ist das wichtigste Zentrum für die Steuerung von vegetativen Prozessen. Dazu zählen z.B. Regulation der Körpertemperatur, der Nahrungsaufnahme und des Wasserhaushaltes. Darüber hinaus erhält er unter anderem olfaktorische Informationen von der Amygdala und scheint mittels indirekter Schaltung mit ihr, nicht nur mit dem emotionalen System, sondern ebenfalls mit dem olfaktorischem System in Verbindung zu stehen (Schünke et al., 2006, S. 372). Die **Inselrinde** ist eine Übergangszone zwischen Frontal-, Temporal- und Parietallappen (Neokortex zu Paläokortex). Ihre vorderen, agranulären Bereiche gelten als Zentrum für Integration von olfaktorischen Reizen mit anderen Sinnesmodalitäten wie trigeminale Reize und Schmecken. Der **orbitofrontale Kortex (OFK)** ist der größte Projektionsort sekundärer olfaktorischer Strukturen. Er liegt dem Orbitadach auf und reicht vom Gyrus rectus lateral bis zur Inselrinde. Der OFK erhält Signale vom piriformen Cortex, von der Amygdala und dem entorhinalen Cortex (Witt & Hansen, 2009, S.22). Dieser Region wird zugeschrieben, dass dort eine Verhaltensanpassung an emotional relevante Gerüche erfolgt (Pause, 2004, S.96). Es gilt, dass der OFK eine große Rolle für die bewusste Wahrnehmung und die Bewertung in angenehm oder unangenehm eines Geruches darstellt (Gottfried, 2006).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass olfaktorische und emotionale Reize auf neuronaler Ebene in gleichen Hirngebieten verarbeitet werden und eng miteinander in Verbindung stehen. Das Zusammenspiel von limbischem System, Hypothalamus und anderen Bereichen des Kortex findet man in beiden Systemen vor.

2 Fragestellung/Arbeitshypothese

Mit dem Wissen, dass Emotionalität und Geruchssinn auf neuroanatomischer Ebene eng miteinander verknüpft sind und es bei Krankheiten, die mit Störungen der Emotionalität einhergehen, zu einer verminderten olfaktorischen Leistung kommt (Pause et al., 2003; Croy et al., 2013), hatte die folgende Studie das Ziel zu untersuchen, ob veränderte Emotionalität (durch Emotionsinduktion induziert) auch bei gesunden Menschen eine Veränderung der olfaktorischen Funktion mit sich bringt. Weil bei der Krankheit Depression Traurigkeit die Emotionalität der Patienten dominiert, sollte der Frage nachgegangen werden, ob Traurigkeit bei gesunden Patienten ebenfalls einen beeinflussenden Effekt auf die olfaktorische Funktion bewirken kann.

Die Arbeitshypothese lautet, dass sich die olfaktorische Funktion bei gesunden Probanden unter Einfluss von induzierter Traurigkeit als verändert bzw. vermindert darstellt.

Verglichen werden hierbei olfaktorisch evozierte Potentiale und die olfaktorische Schwelle unter verschiedenen emotionalen Bedingungen.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

In die Studie wurden 31 gesunde Normosmiker eingeschlossen. Die Studie umfasste pro Proband 3 Termine. Bei der ersten Sitzung wurde ein Screening auf gestörte Riechfunktion sowie auf psychische Erkrankungen durchgeführt. Des Weiteren wurden die Probanden mittels eines Testfilms mit dem Paradigma der Studie vertraut gemacht.

Bei der zweiten und dritten Sitzung wurden mit Hilfe von Filmen Emotionen induziert und anschließend olfaktorisch evozierte Potentiale gemessen und eine Geruchsschwellentestung durchgeführt (siehe Tabelle 1).

1. Termin	2.Termin	3.Termin
Screening: <ul style="list-style-type: none"> • Erläuterung des Versuchs • Screening auf psychische Erkrankungen • Testung der Riechfunktion mittels der Sniffin' Sticks • Vertrautmachen mit dem Experiment mittels Darbietung eines Testfilms 	Sitzung Emotionsinduktion: entweder Traurigkeit oder Langeweile: <ul style="list-style-type: none"> • Verkabelung mit dem EEG • Emotionsinduktion mittels Filmdarbietung anschließend Olfaktometrie • Wiederholung der Emotionsinduktion und Schwellenmessung mittels Sniffin' Sticks 	Sitzung Emotionsinduktion: entweder Traurigkeit oder Langeweile: <ul style="list-style-type: none"> • Verkabelung mit dem EEG • Emotionsinduktion mittels Filmdarbietung anschließend Olfaktometrie • Wiederholung der Emotionsinduktion und Schwellenmessung mittels Sniffin' Sticks
Ca. 1,5 Stunden	Ca. 1,5 Stunden	Ca. 1,5 Stunden

Tabelle 1 Versuchsablauf

3.2 Ethische Aspekte

Bei der hier vorliegenden Studie wurden 31 gesunde Probanden über öffentliche Aushänge rekrutiert. Die Probanden nahmen freiwillig teil und hatten jederzeit die Möglichkeit, die Studie ohne Angaben von Gründen abubrechen. Für ihre Teilnahme erhielten sie eine Aufwandsentschädigung. Bei der ersten Sitzung wurden die Teilnehmer ausführlich über die Studie aufgeklärt. Sie gaben ihr Einverständnis mündlich und schriftlich ab. Diese Studie wurde entsprechend der Deklaration von Helsinki über ethische Grundsätze für die

medizinische Forschung (Weltärztebund, 2008) von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität Dresden positiv begutachtet.

3.3 Ablauf des Screenings sowie Einführung in die Studie

3.3.1 Probandenauswahl

Als Einschlusskriterien galten die Vollendung des 18. Lebensjahres, sowie ein normales Riechvermögen. Insgesamt wurden 35 Probanden auf die Ausschlusskriterien hin untersucht. Bei 4 Probanden ergab sich im Screening eine Hyposmie. Diese wurden deshalb von der weiteren Teilnahme an der Studie ausgeschlossen. Unter den 31 noch verbliebenden Probanden waren 24 Frauen und 7 Männer. Im Mittel waren die Probanden 27,4 Jahre alt. 29 der Teilnehmer waren Nichtraucher, zwei gaben aktuellen Tabakkonsum an, stellten diesen jedoch mindestens eine Stunde vor Beginn der Sitzungen ein. Zwischen den Sitzungen der Emotionsinduktion und der Kontrollsituation lagen im Mittel 5,9 Tage. Die Reihenfolge der Sitzungen war ausgeglichen. In die Kontrollsituation als ersten Termin des Experiments waren 16 Probanden (51,6%) eingeteilt, die Emotionsinduktion von Traurigkeit beinhaltete bei 15 Probanden den ersten Termin (48,4%).

Nachdem eine ausführliche Aufklärung der Teilnehmer über die Studie erfolgte, wurde eine Anamnese bezüglich eventuell vorhandenen Erkrankungen oder Faktoren erhoben, welche die Geruchswahrnehmung beeinträchtigen können (Anamnesebogen *siehe Anhang: Abbildung 22*). Zu diesen Faktoren gehören internistische Erkrankungen wie z.B. Diabetes mellitus, Hypothyreose, Leberzirrhose und Niereninsuffizienz (Murphy et al., 2003). Als weiterer möglicher Faktor sind posttraumatische Riechstörungen zu erwähnen, welche in bis zu 67% nach Unfällen im Hals- Nasen-Ohrenbereich auftreten (Doty et al., 1997). Die Studienteilnehmer wurden zu ihrem Alkohol- (Rupp et al., 2003) sowie Nikotinkonsum (Doty et al., 1984) befragt, da auch dies die Riech Wahrnehmung beeinträchtigen kann. Auch Medikamente wie z.B. Lipidsenker oder Antihypertensiva können Riechstörungen verursachen (Doty et al., 2003). Eine eventuelle Einnahme solcher Präparate wurde erfragt. Sie sollten außerdem ihr subjektives Riech- und Schmeckvermögen im Vergleich zu anderen einschätzen. Anschließend wurde anhand des strukturierten klinischen Interviews für DSM-IV (SKID) eine Befragung zu eventuell vorliegenden psychischen Erkrankungen durchgeführt. Um gezielt eine vorliegende Depression ausschließen zu können, sollten die Probanden den Fragebogen des Beck-Depressions-Inventars ausfüllen. Für keinen der 31 in die Studie einbezogenen Probanden ergaben sich Hinweise auf eine psychische Erkrankung (*siehe Anhang: Tabelle 5*).

Anschließend wurde ein Riechscreening (SDI) mit Hilfe der Sniffin' Sticks durchgeführt. Der Gesamtwert des SDI der Studienteilnehmer lag im Mittel bei 36,4. Die Einzelwerte des SDI präsentierten sich wie folgt: Die Geruchsschwelle betrug im Mittel 7,6. Der Wert, der die Fähigkeit beschreibt, Gerüche zu diskriminieren, lag im Mittel bei 14,39. Der dritte Wert, aus dem sich der SDI zusammensetzt, ist die Fähigkeit Gerüche zu identifizieren. Von den 16 Gerüchen, die präsentiert wurden, benannten die Probanden im Mittel 14,39 korrekt (siehe Anhang: Tabelle 5).

3.3.2 SDI mittels der „Sniffin' Sticks“

Bei den „Sniffin' Sticks“ handelt es sich um ein von der Deutschen Gesellschaft für Olfaktologie empfohlenes, standardisiertes Messinstrument zur klinischen Untersuchung des Geruchssinns. Die Sniffin' Sticks sind Filzstifte, die anstatt Farbe flüssige Geruchsstoffe enthalten (siehe: Abbildung 2). Sie haben eine Länge von 14 cm und einem Durchmesser von 1,3 cm (Kobal et al. 1996). Um den Geruchssinn zu überprüfen, wurden mit den Sniffin' Sticks die Riechschwelle sowie die Fähigkeit der Probanden, Gerüche zu diskriminieren und zu identifizieren, ermittelt (Hummel et al., 1997). Es gibt drei verschiedene Testpaletten, die in der vorliegenden Studie verwendet wurden. Beim Abnehmen



Abbildung 2 Testpalette der Sniffin' Sticks

der Kappe werden Geruchsstoffe freigesetzt. Der Stift wurde dem Probanden anschließend ca. 2 cm unter die Nase gehalten und leicht geschwenkt (bilaterale Testung). Die Untersuchung fand in einem möglichst ruhigen, duftneutralen Raum statt. Der Untersuchende konnte die Stifte anhand ihrer farbigen Markierung unterscheiden. Um zu verhindern, dass der Proband den Stift visuell erkennen konnte, wurde ihm bei der Messung der Schwelle sowie der Diskrimination eine Schlafmaske aufgesetzt. Er war dazu aufgefordert eine Stunde vor der Testung nur noch Wasser zu sich zu nehmen, sowie einen eventuellen Nikotinkonsum zu unterlassen.

3.3.2.1 Testung der Geruchsschwelle

Bei der Schwellenmessung wird getestet, wie hoch die Konzentration eines Duftstoffs sein muss, damit er wahrgenommen werden kann. Es kommen sechzehn Triplets, also 16 x 3 Stifte, der „Sniffin' Sticks“ zum Einsatz (Lötsch et al., 2004). Jeweils ein Stift des Triplets beinhaltet den Duftstoff Phenylethylalkohol (PEA). Die beiden anderen Stifte enthalten geruchsneutrales Propylenglykol. Innerhalb der Reihe der 16 Triplets steigert sich die Konzentration des Duftstoffs, sodass ermittelt werden kann, ab welcher Konzentration der Proband den Duftstoff wahrnimmt. Begonnen wird mit Triplet 16 mit der niedrigsten Konzentration von PEA (0,00012% Verdünnung). Die Konzentration von PEA steigert sich mit jedem Triplet in einem Verdünnungsverhältnis von 1:2 bis auf die höchstmögliche Konzentration von 4%.

Der Proband bekommt die drei Stifte eines Triplets in zufälliger Reihenfolge dargeboten und soll den Stift benennen, bei dem er einen Duft wahrgenommen hat. Man wendet das sogenannte „forced-choice“ Verfahren an (Hummel et al., 1997). Das bedeutet, dass sich der Proband für einen Stift entscheiden muss, auch wenn er gar keinen Geruch wahrgenommen hat. Wenn der Proband den Stift nicht erkennt, geht man zum Triplet mit der nächst höheren Konzentration über. Sobald der Proband den duftenden Stift richtig erkennt, wird ihm dasselbe Triplet noch einmal angeboten. Dieses Prozedere wird solange fortgeführt, bis der Proband zweimal hintereinander den Stift mit dem Duftstoff korrekt benannt hat. Sobald dies der Fall ist, kommt man an den ersten Wende- oder Umkehrpunkt und geht in der Konzentration des Duftstoffs wieder eine Stufe tiefer, bis man an die untere Geruchsschwelle kommt und der Proband den richtigen Stift nicht mehr zu erkennen vermag. Dann kommt der nächste Wendepunkt und man steigert die Konzentration wieder.

Dieses Verfahren führt man nun fort, bis 7 Umkehrpunkte erreicht sind. Die Geruchsschwelle berechnet man dann aus dem Mittel der letzten 4 Wendepunkte. Einschluss für die vorliegende Studie war eine Schwelle von über 4 (*Beispiel: siehe Tabelle 2*).

Verdünnung							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7	xx		xx		xx		xx
8	o	xo		o		xo	
9	xo						
10	o						
11	xo						
12	o						
13	xo						
14	o						
15	o						
16	o						

Tabelle 2 Beispiel Geruchsschwellenmessung

x = richtige Antwort: Stift noch einmal präsentieren und bei wiederholt richtiger Antwort: Konzentration verringern
o = falsche Antwort: Konzentration erhöhen; 16= geringste, 1= höchste Duftkonzentration
Beispiel: letzte vier Wendepunkte gemittelt: $(8+7+8+7)/4=7,5=$ Schwelle

3.3.2.2 Testung der Fähigkeit Gerüche zu diskriminieren

Bei der Testung der Fähigkeit zur Diskriminierung untersucht man, inwieweit Gerüche voneinander unterschieden werden können. Man bedient sich ebenfalls 16 Triplets von Geruchsstiften. Zwei Stifte enthalten im Gegensatz zum dritten einen identischen Geruchsstoff. Da es für diese Untersuchung wichtig ist, dass der Proband den Duft an sich wahrnehmen kann, wird er in der gleichen überschwellig Konzentration angeboten. Der Proband soll denjenigen Stift erkennen, der anders riecht. Auch hierbei trägt er die Schlafmaske. Am Ende der Testung werden die korrekt bezeichneten Stifte zusammengezählt.

3.3.2.3 Testung der Fähigkeit Gerüche zu identifizieren

Bei der Testung der Fähigkeit, Gerüche zu identifizieren, bekommt der Proband einen von 16 Stiften dargeboten, die jeweils einen Duft in überschwelliger Konzentration beinhalten. Er soll anhand von 4 Möglichkeiten benennen, wonach der Stift am ehesten riecht. Er liest die jeweiligen Möglichkeiten dabei von einer Karte ab. Es werden am Ende der Untersuchung die richtig erkannten Gerüche addiert.

Alle drei Testwerte addiert ergeben den SDI-Wert, der bestimmt, ob eine Normosmie (normaler Geruchssinn), Hyposmie (reduzierter Geruchssinn) oder Anosmie (keine ausreichende Riechfunktion) vorliegt.

Insgesamt kann beim SDI eine Punktzahl von maximal 48 erreicht werden. Die Grenzen für quantitative Riechstörungen wurden durch generelle Normwerte bzw. durch altersentsprechende Normwerte definiert (Kobal et al., 2000; Hummel et al., 2007; Landis et al., 2004).

3.3.3 Psychologische Diagnostik / Beck-Depressions-Inventar

Als Ausschlusskriterium für die Studie galt, dass die Probanden der Studie unter einer Depression litten. Als Screening-instrument wurde dafür das Beck-Depressions-Inventar (Version BDI II, Beck et al., 1996) verwendet.

Das Beck-Depressions-Inventar (BDI) ist ein gut validiertes Messinstrument und stellt das „weltweit am weitesten verbreitete Selbstbeurteilungsinstrument zur Beurteilung der Depressionsschwere“ (Kühner et al., 2007) dar. Die Durchführung dauert etwa zehn Minuten. Der Proband bekommt dabei den Fragebogen ausgehändigt und füllt ihn eigenständig aus. Er soll dabei die vorhergehenden 14 Tage beurteilen.

Der Fragenbogen enthält 21 Gruppen von Aussagen, die typische Depressionssymptome beschreiben. Die Auswahl der Symptome orientiert sich dabei an der Diagnose Major Depression des „Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders“ (Diagnostischer und Statistischer Leitfaden zu Psychischen Störungen kurz DSM IV), herausgebracht von der American Psychiatric Association, 2000.

Bei jeder der 21 Gruppen hat der Proband jeweils die Möglichkeit, anhand von vier Aussagemöglichkeiten zu entscheiden, ob und wie schwer das jeweilige Symptom bei ihm während der letzten zwei Wochen vorlag. Die Ausprägungsgrade der jeweiligen Items werden in Punkten angegeben (0-3). Die 21 Gruppen der Aussagen beziehen sich auf die im Folgenden genannten Symptome und sind mit den Buchstaben A-U gekennzeichnet:

Traurigkeit (A), Pessimismus (B), Versagensgefühle (C), Verlust von Freude (D), Schuldgefühle (E), Gefühl bestraft zu werden (F), Selbsthass (G), Selbstvorwürfe (H), Suizidgedanken (I), Weinen (J), Unruhe (K), Interessensverlust (L), Entschlussfähigkeit (M),

Gefühl der Wertlosigkeit (N), Energieverlust (O), Schlafstörungen (P), Reizbarkeit (Q), Appetitveränderungen (R), Konzentrationsschwierigkeiten (S), Ermüdung (T) und Libidoverlust (U).

Die Auswertung erfolgt, indem der Summenwert der angekreuzten Aussagen gebildet wird. Das mögliche Ergebnis liegt dabei auf einer Skala zwischen 0 und 63 Punkten. Ein Wert unter 13 Punkten darf als unauffällig angesehen werden. Werte zwischen 13 und 19 Punkten gelten als erhöht und weisen auf ein leichtes depressives Syndrom hin. Werte über 20 sollten als klinisch relevant angesehen werden und stehen für eine mittelgradig schwere Depression (20-28) oder schwere Depression (>29) (S3-Leitlinie/NVL Unipolare Depression, 2009).

3.3.4 Psychologische Diagnostik / SKID

Als weiteres Instrument zum Screening auf psychische Erkrankungen wurde das Strukturierte Klinische Interview für DSM-IV (SKID) (Wittchen et. al, 1997) eingesetzt. Es handelt sich dabei um ein strukturiert vorgegebenes Interview, welches sich wie auch der BDI II an dem Diagnosemanual DSM IV orientiert. Es dient dabei vielfältig und gezielt dem Aufdecken von psychischen Erkrankungen.

Da es in der vorliegenden Studie darum ging, psychische Störungen orientierend auszuschließen, kam lediglich das Interview mit Screening Fragen zum Einsatz. Den Probanden wurden 12 Fragen zu ihrer Anamnese bezüglich Ängstlichkeit oder Phobien, Alkohol- und Drogenkonsum, Zwangshandlungen oder -gedanken, Essstörungen und sozialer Phobie, gestellt. Sie sollten jeweils mit „ja“, „nein“ oder „unklar“ antworten. Bei einer bejahenden Antwort wurde genauer nachgefragt und entschieden, ob ein Hinweis auf eine psychische Erkrankung vorliegt, was ein Ausschlusskriterium für die Studie darstellte. Dies war bei keinem Proband der Fall.

3.4 Olfaktometrie und Elektroenzephalogramm

3.4.1 Das Olfaktometer

Das Olfaktometer ist eine komplexe Apparatur, mit dem man non-invasiv mittels chemosensorischer Stimuli olfaktorisch evozierte Potentiale aufzeichnen kann. In der vorliegenden Studie wurde ein Gerät vom Typ OM2S der Firma Burghart aus Wedel in Deutschland verwendet. Es funktioniert nach dem von Kobal entwickelten Prinzip (Kobal, 1981) (*siehe: Abbildung 3*).

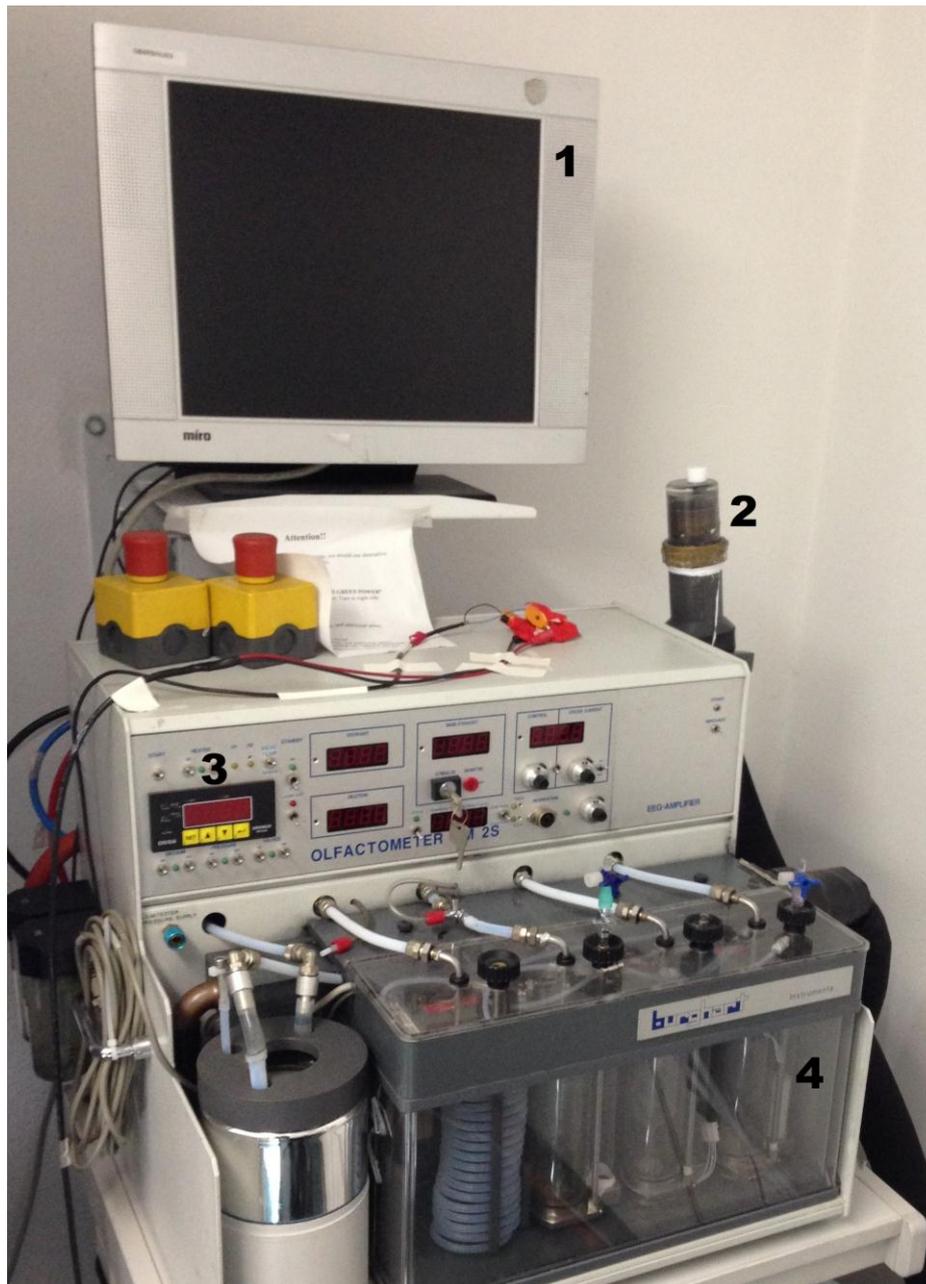


Abbildung 3 Das Olfaktometer Typ OM2S der Firma Burghart

- 1 - Bildschirm, auf dem ein Computerprogramm zur Vigilanzhaltung abgespielt wird
- 2 - Olfaktometerausgang mit dem das Nasenstück verbunden ist
- 3 - Temperaturanzeige
- 4 - Kammer zur Erwärmung und Befeuchtung

Das Gerät ermöglicht über ein Nasenstück, kontrolliert und reproduzierbar Geruchs- und Schmerzreize auf der Nasenschleimhaut zu erzeugen. Die dadurch ausgelösten Potentiale im Nervensystem werden hierbei über an der Kopfhaut angebrachte Elektroden mittels Elektroenzephalografie (EEG) aufgezeichnet. Gesteuert wird das Gerät am Computer über das Aufzeichnungsprogramm EPOM2S1.1. Die Mitarbeit des Probanden ist bei diesem Verfahren nicht erforderlich.

Bei der Erzeugung der Reize unterscheidet man zwischen Reizung des Nervus olfactorius und Reizung des Nervus Trigemini (Kobal & Hummel, 1988). In der vorliegenden Studie wurden mit Phenylethylalkohol (PEA) und Schwefelwasserstoff (H_2S) rein olfaktorische Duftstoffe verwendet. PEA ist ein nach Rosen riechender Duftstoff, welcher in der Regel von den Probanden als angenehm bewertet wird (Croy et al., 2013). Im Gegensatz dazu ist H_2S ein von Probanden als negativ bewerteter Duftstoff mit einem Geruch nach faulen Eiern. H_2S liegt in gasförmigem, PEA in flüssigem Zustand vor (Doty et al., 1978). Das Gerät besteht aus der Apparatur, die für die Dufterzeugung und den Luftstrom verantwortlich ist und einem Nasenstück, welches an einem verstellbaren Teleskop-Arm befestigt ist und somit die Anpassung an die Anatomie des jeweiligen Probanden erlaubt. Das Nasenstück, das einen Durchmesser von ca. 3 mm hat, wird der Testperson ca. 1 cm ins rechte Nasenloch eingeführt. Die Apparatur sichert, dass das Nasenstück während der gesamten Messung stabil an derselben Stelle gehalten wird (siehe *Abbildung 4*).

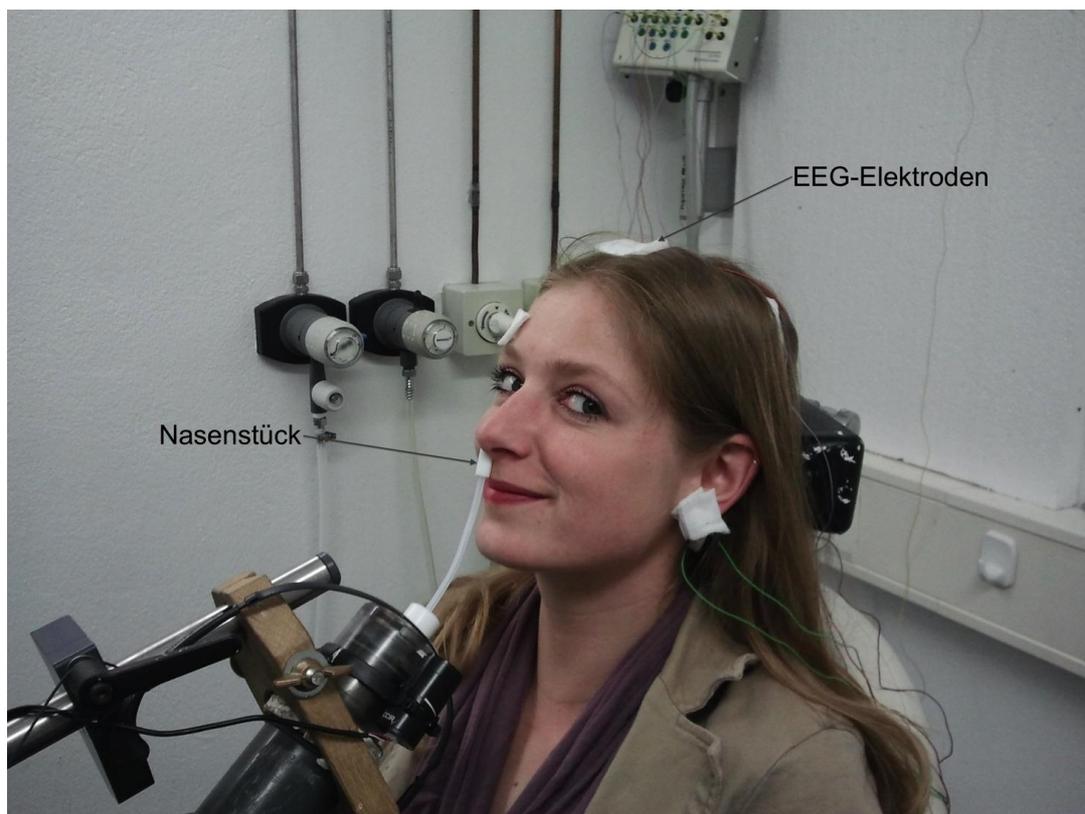


Abbildung 4 Probandin während der Versuchsdurchführung

Die Düfte kommen aus einer mit flüssigem und unverdünntem PEA gefüllten Flasche. Die mit flüssigem Duft gefüllte Flasche wird von duftfreier Luft durchströmt und mit dem Duftstoff angereichert. H_2S wird aus einer Flasche mit vordefiniertem H_2S Gas entnommen (AIR LIQUIDE Deutschland GmbH, Düsseldorf, Deutschland). Für die Messung der Potentiale ist

es wichtig, dass es bei der Reizapplikation nicht zu einer mechanischen Reizung der Nasenschleimhaut durch die Stimulusabgabe kommt. Um dies zu verhindern, wird der Reiz in einen kontinuierlichen Luftstrom eingebettet (Kobal, 1981; 1985; Livermore & Hummel, 2004). Dieser Luftstrom besteht aus geruchsneutralem, gereinigtem Trägergas und beträgt 7,8 Liter pro Minute. Um eine Thermoreaktion am Epithel der Nasenschleimhaut zu vermeiden, wird der kontinuierliche Luftstrom auf Körperwärme beheizt und zusätzlich befeuchtet. Während der Messung wird der geruchlose Luftstrom im Intervall von 30 Sekunden durch einen duftenden Reiz mit einer Dauer von 200 ms ersetzt. In der vorliegenden Studie wurde 32 solcher Reize abgegeben. Es wurde 16-mal jeweils mit PEA und H₂S gereizt. Begonnen mit H₂S folgten jeweils 4 identische Reize aufeinander.

Die Funktion des Olfaktometers wird anhand einer Skizze (*Abbildung 5*) erläutert: Mittels eines Kompressors (P1), der sich am Eingang des Olfaktometers befindet, wird ein Überdruck erzeugt. Das einströmende Trägergas wird durch einen Filter mit Aktivkohle (K) gereinigt. Die Luft strömt nun in 4 mit Teflon beschichtete Schläuche, wird anschließend durch einen Massenflussregler geleitet, dort gemessen und eingestellt. Von dort aus gelangt der nun eingestellte Luftstrom in die mit destilliertem Wasser gefüllten Waschflaschen aus Glas, wo er angewärmt und befeuchtet wird. Der Strom hat danach ca. eine Luftfeuchtigkeit von ca. 80% und 36,5 °C. Es gibt 3 solcher Waschflaschen (W1-3). 2 Flaschen sind mit Wasser gefüllt, eine für die geruchsneutrale Luft im stimulusfreien Intervall (W1) und die andere um den befeuchteten Luftstrom zur Duftzugabe bereitzustellen (W2). In der 3. Flasche befindet sich das mit einer Spritze zugefügte PEA (W3), welches an den Luftstrom von O angeschlossen ist und bei gewünschter Reizabgabe diesem Strom beigefügt wird. An diesen Strom ebenfalls angeschlossen ist die Zufuhr von H₂S aus einer Gasflasche (G). Um zu vermeiden, dass die Duftstoffe während des stimulusfreien Intervalls freigesetzt werden, sind sie durch eine funktionelle Barriere aus Luft von D getrennt. Diese Barriere besteht in ständiger Zufuhr und Absaugung von Luft. Die Zufuhr von Luft wird durch den Kompressor K, die Wegnahme der Luft durch die Absaugung P (2+3) realisiert. Soll ein Reiz freigesetzt werden, wird diese Luftbarriere aufgelöst und der Duft kann in Leitung D strömen. Von dort aus gelangt der Reiz zum Nasenstück (N). Dieser Mechanismus ist für beide verwendeten Duftstoffe identisch, läuft jedoch in getrennten Leitungen ab (C 1+2).

Während des Interstimulusintervalls hingegen erreicht die duftstofffreie Luft aus der Leitung (C) das Nasenstück. Dies wird durch einen zusätzlichen Absaugemechanismus erreicht. Dieser Mechanismus besteht darin, dass die in der Skizze als E1 und E2 dargestellten Leitungen (die unmittelbar mit D und C verbunden sind) an ein Y-Magnetventil angeschlossen sind. Dieses Magnetventil ist mit der Absaugung P3 verbunden und ermöglicht es, über M1 und M2 selektiv den Luftstrom aus E1 bzw. E2 abzusaugen.

Während der Messung ist immer nur ein Schenkel des Magnetventils geöffnet. Somit wird realisiert, dass über E1 bzw. E2, entweder die Luft aus der Leitung mit dem Duftstoff (D), oder aus der Leitung mit der duftneutralen Luft (C) abgesaugt werden kann, bevor sie das Nasenstück (N) erreichen kann.

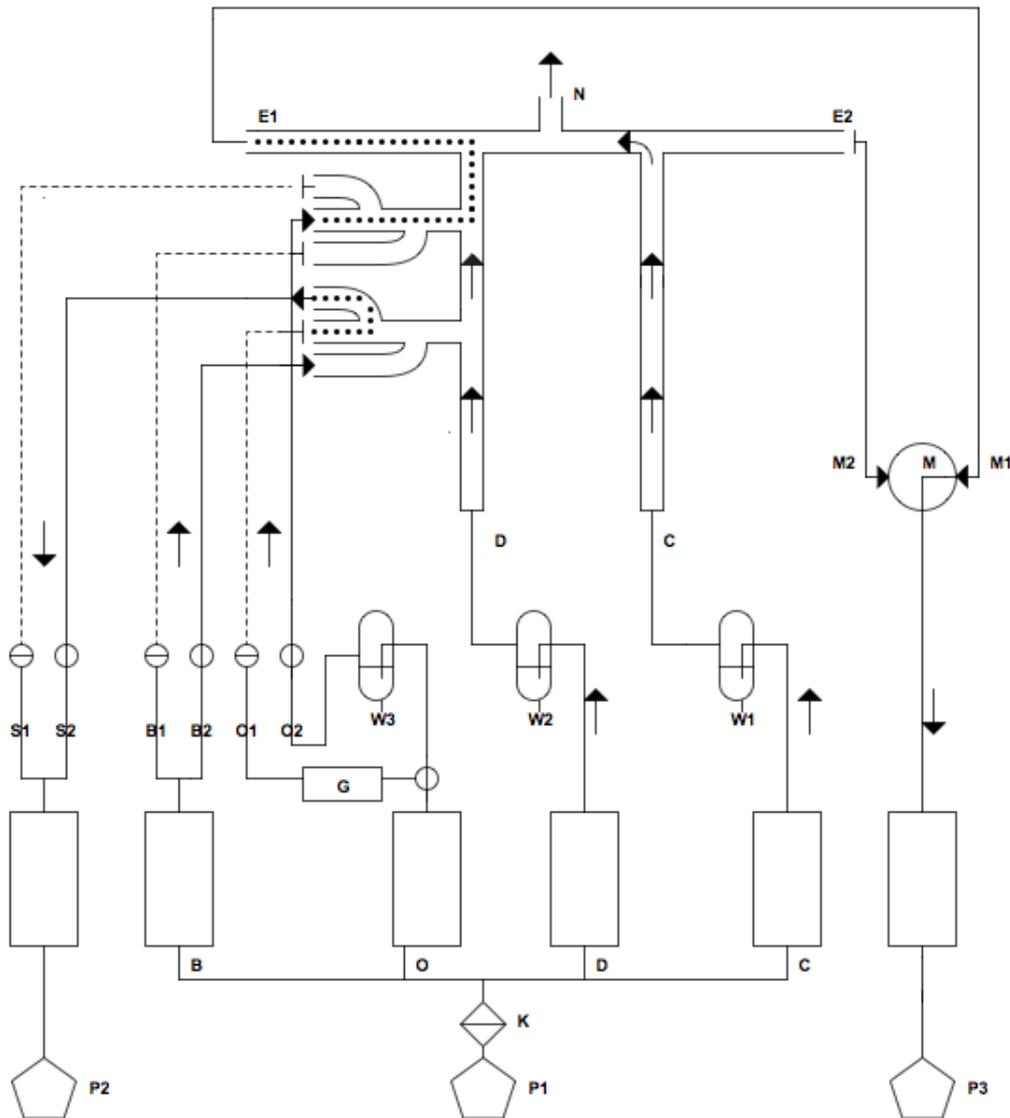


Abbildung 5 Schematische Darstellung von der Funktionsweise des Olfaktometers nach dem Prinzip von Kobal (1981)

P: Kompressor (P1: Zuleitung von Luft; P2, P3: Absaugung von Luft); K: Aktivkohlefilter; C: duftstofffreie Luft; D: Verdünnungsluft; O(1+2): Zuleitung von Duftstoffen; B(1+2): Zuleitung von Luftschranke; E1, E2: Leitungen zur Absaugung; M: Magnetventil; N: Nasenstück; S(1+2): Absaugung von Luftschranke; W (1+2): Waschflaschen mit destilliertem Wasser; W3: Waschflasche mit PEA; G: Anschluss an Gasflasche mit H₂S; •••: Duftstoffmoleküle

Durch die beschriebene Technik wird die Voraussetzung geschaffen, chemosensorisch evozierte Potenziale aufzeichnen zu können. Durch die Erwärmung der Luft und durch den kontinuierlichen Luftstrom werden weder Thermo- noch Mechanorezeptoren der Nasenschleimhaut erregt. Das Interstimulusintervall verhindert, dass sich die Amplituden des

Potentials durch Geruchsadaption vermindern (Kobal, 1981). Der notwendige schnelle Reizaufbau wird mit 20 ms erfüllt. Durch die Möglichkeit, den Reiz mehrfach anbieten zu können, wird sichergestellt, dass am Ende der Messung ausreichend aufgezeichnete Potentiale gemittelt werden können. Mit Hilfe der ventillosen Technik im Bereich der Duftbeimischung, die ausschließlich mit Hinzufügen und Absaugen von Luft auskommt wird erreicht, dass sich die Duftstoffe nicht in Öffnungen oder Verschlüssen festsetzen können. Aus dem gleichen Grund, sind die Behälter des Gerätes aus Glas und die Leitungen mit Teflon beschichtet. Beides sind Materialien mit einer sehr glatten Oberfläche, auf der sich Stoffe schwer ablagern können.

3.4.2 Aufzeichnungen mittels Elektroenzephalografie (EEG)

Die vom Olfaktometer erzeugten chemosensorisch evozierten Potentiale wurden mittels Elektroenzephalografie (EEG) aufgezeichnet. Mit der Elektroenzephalografie wird ein nicht-invasives Verfahren zur Messung der elektrischen Hirnaktivität verwendet, welches zur direkten Beurteilung der Gehirntätigkeit genutzt werden kann (Davidson et al., 2000). Mittels Oberflächenelektroden kann dabei elektrische Aktivität von Neuronen im Gehirn gemessen und dargestellt werden. Evozierte Potentiale können für verschiedene Sinnesmodalitäten abgeleitet werden. Auf diese Weise ist es ebenso möglich akustisch oder visuell evozierte Potentiale abzuleiten. Die Potentiale werden unabhängig von der Art des Reizes auf die gleiche Art und Weise ausgemessen und beschrieben, unterscheiden sich jedoch abhängig vom Reiz in ihrer Erscheinung und ihrem zeitlichen Verlauf.

Eine Voraussetzung für die Aufzeichnung olfaktorisch evozierter Potentiale ist die artefaktfreie Reizdarbietung (Kobal, 1981). Um Artefakte zu vermeiden und den olfaktorischen Reiz zu kontrastieren, sollte die Umgebung für dieses Verfahren möglichst reizarm sein. Der Messplatz wurde aus diesem Grund durch einen blickdichten Vorhang von der Umgebung abgeschirmt. Um akustische Irritationen zu vermindern, wurde dem Probanden in der vorliegenden Studie während der Messung über Kopfhörer ein monotones Meeresrauschen eingespielt. Für die Untersuchung ist es erforderlich, dass die Vigilanz des Probanden aufrecht erhalten bleibt (Hummel & Kobal, 2002), da das Schließen der Augen mit Veränderungen des EEGs einhergeht. Es wurde ein simples Computerspiel auf einem Bildschirm gestartet, der sich auf Augenhöhe ca. 1,5 m vor dem Probanden befand. Bei diesem Computerspiel ist der Proband aufgefordert, ein sich auf dem Bildschirm bewegendes Quadrat mit einer handelsüblichen Computermaus zu verfolgen. Durch die Fixierung des Quadrats wurden nur kleine, kontrollierte Augenbewegungen ausgeführt. Neben dem Effekt, dass die Vigilanz auf diese Weise aufrecht erhalten bleibt, wurden Artefakte durch Muskelbewegungen im Kopf/Halsbereich ebenso minimiert. Das EEG wurde

nach dem internationalen 10/20 System abgeleitet. Dabei erfolgte die Ableitung der Elektroden von den Positionen FZ, PZ, CZ, C3 und C4 auf dem Schädel monopolar. Die Ableitung erfolgte gegen die Referenzelektroden A1 und A2, welche an den Ohrläppchen angebracht wurden. Da Augenzwinkern einen entscheidenden Einfluss auf die Auswertung der olfaktorisch evozierten Potentiale hat (Kobal & Hummel, 1988; Evans et al., 1993), wurde dies über die Elektrode Fp1 (angebracht über der linken Augenbraue) registriert. An den beiden Processus mastoidei wurden Elektroden zur Erdung angebracht (E1 und E2). Zuerst wurden die Punkte, auf denen die Elektroden fixiert werden sollten, mit Hilfe eines Lochmaßbands bestimmt und markiert. Anschließend wurden die betreffenden Areale auf der Haut mittels Wattestäbchen und einem speziellen Reinigungsgel (Skin Pure) gesäubert. Es folgte die Fixierung der Elektroden mit Hilfe gut leitender Elektrodenpaste (EC2™, Grass Instruments Division, Astro Med Inc., USA). Die 10 angebrachten Elektroden wurden anschließend an den EEG-Verstärker (Nihon Kohden, Japan) angeschlossen. Über das Verarbeitungsprogramm EPOM2S1.1. wurde der Sitz der Elektroden am Computer kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Bei olfaktorisch evozierten Potenzialen handelt es sich um späte Hirnrindenpotenziale (Rombaix et al., 2006). Ein evoziertes Potenzial hat ein charakteristisches Erscheinungsbild, welches sich in seiner Ausföhrung dennoch unterscheiden kann (*Beispiel Potential: siehe Abbildung 6*). Anhand der Gipfel wird die neuronale Aktivität gemessen und bewertet. Zum einen misst man die Zeit (in ms) bis eine Aktivität auftritt, zum anderen wird die Höhe des Ausschlages (in μV) gemessen. Der Gipfel N1 tritt ca. bei 320-450 ms auf und der Gipfel P2 bei ca. 530-800 ms (Rombaix et al., 2006). In der vorliegenden Studie begann die Aufzeichnung der Potentiale jeweils 500 ms vor dem abgegebenen

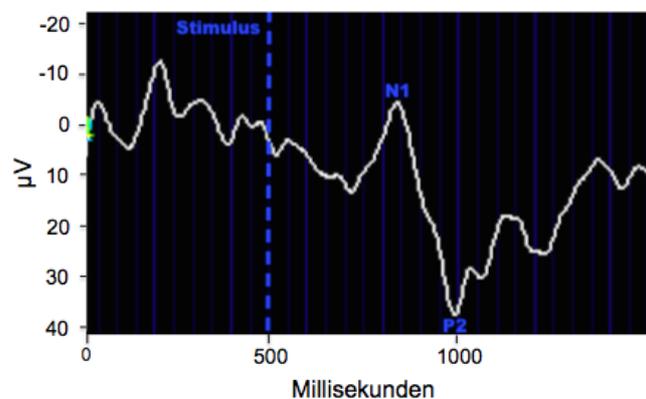


Abbildung 6 Olfaktorisch evoziertes Potential eines Probanden als Beispiel an der Elektrode CZ

Reiz und dauerte 2048 ms an. Die Bandbreite betrug dabei 0,2 – 30 Hz, die Abtastfrequenz 250 Hz. Bei der Auswertung der Potentiale am Computer wurde zusätzlich ein Tiefpass Filter von 15 Hz eingesetzt.

Nachdem die durch Zwinkern oder andere Bewegungen verursachten, artefaktreichen Potentiale manuell aussortiert wurden (Kobal und Hummel, 1988), erfolgte die Mittelung der verbliebenen, verwertbaren Potentiale. Von den 32 aufgezeichneten Potentialen benötigte man für die Mittelung mindestens 8 artefaktfreie Potentiale (Kobal, 1981). Die Auswertung der verbliebenen artefaktfreien Potentiale, erfolgte mit dem Computerprogramm EPEvaluate (Kobal, Erlangen), dabei wurden die Amplituden nach standardisiertem Verfahren

ausgemessen (Hummel et al., 2000). Es wurden die Gipfel von N1 und P2 sowie die Spitze N1 zu Spitze N2 gemessen. Die Latenzzeit wurde ermittelt, indem die Zeit vom Reizbeginn bis zur Reizantwort gemessen wurde.

3.4.3 Emotionsinduktion und Ablauf des Experimentes

In der Literatur finden sich zahlreiche Möglichkeiten, Emotionen gezielt auszulösen. Man kann beispielsweise Probanden bitten, eigens erlebte, mit Emotionen verknüpfte Ereignisse aufzuschreiben (Brewer, Doughtie & Lubin, 1980). Andere Methoden sind Darbietung von Filmen (Gross & Levenson, 1995), Musik (Sutherland et al., 1982) oder Bildern (IAPS: Lang et al., 2005). Laut einer Metaanalyse von Westermann et al., stellt es sich unter den verschiedenen Möglichkeiten Emotionen zu induzieren am effektivsten dar, Probanden eine ausgewählte Filmszene zu zeigen und sie zu instruieren, sich bewusst auf die im Film gezeigten sowie ähnliche, eigens erlebte Emotionen zu fokussieren (Westermann et al., 1997).

Daher wurde dieses Verfahren gewählt, um die Emotion Traurigkeit auszulösen. In der Kontrollsituation sollten die Probanden möglichst wenig intensive Emotionen empfinden, was am ehesten der neutralen Stimmung bzw. der Langeweile entspricht. Um Traurigkeit auszulösen, wurde für die vorliegende Studie eine Filmszene aus „The Champ“ (1979) gewählt. Dieser Film zeigte bei vorherigen Untersuchungen sehr gute Effekte bei der Induktion von Traurigkeit (Gross & Levenson, 1995; Fredrickson & Levenson, 1998; Hewig et al., 2005). Dem Probanden wurde eine Szene gezeigt, in der ein Junge seinen Vater beim Sterben begleitet, nachdem dieser bei einem Boxkampf schwer verletzt wurde. Für die Kontrollsituation wurde eine Szene des Films „Hannah und ihre Schwestern“ (1986) dargeboten. Eine Untersuchung von Hewig et al. im Jahre 2005 zeigte, dass dieser Filmausschnitt Probanden am ehesten langweilt bzw. eine indifferente Stimmung erzeugt. Der Ausschnitt zeigt die Unterhaltung von zwei Frauen beim Einkaufen sowie die Szene eines Vorsingens in einem Theater. Die Filmausschnitte wurden den Probanden auf einem handelsüblichen Bildschirm präsentiert.

Als Berechtigung, die jeweiligen Filmsequenzen im Rahmen der Studie zeigen zu dürfen, wurde bei der Firma MPLC (Filmlizenzierung GmbH, Weiterstadt, Deutschland) eine Schirmlicenz für 12 Monate erworben.

3.4.4 Erste Sitzung (Screening)

In der ersten Sitzung wurden die oben beschriebenen Screenings durchgeführt (SDI, BDI, SKID). Ferner machten sich die Probanden mit dem Ablauf des Experiments vertraut und

bekamen dazu eine für die Hauptuntersuchung nicht verwendete Filmszene aus dem Film „Halloween- die Nacht des Grauens“ (1978) gezeigt. Diese Szene soll am ehesten Angst auslösen (Hewig et al., 2005), also eine Emotion, die in dem eigentlichen Experiment nicht untersucht wurde. Alle Filme wurden den Testpersonen jeweils in englischer Sprache mit englischen Untertiteln vorgeführt. Um sich bestmöglich auf den Film konzentrieren zu können, bekamen sie Kopfhörer aufgesetzt und saßen in einem abgedunkelten Raum hinter einem Vorhang. Bevor der Film startete, füllten sie zwei Fragebögen bezüglich ihres aktuellen Gefühlsstatus aus. Hierfür wurden ein Fragebogen bezüglich der Basisemotionen nach Ekman (Ekman et al., 1969; Ekman, 1971; Ekman, 1999) sowie das von Peter Lang entwickelte „Self-Assessment Manikin“ (SAM) (Lang, 1985; Morris, 1995) verwendet (siehe *Abbildung 7*). Die Fragebögen befanden sich auf einem Blatt direkt untereinander.

Bei dem ersten Fragebogen sollten die Probanden die Basisemotionen Freude, Überraschung, Ekel, Ärger, Angst und Traurigkeit jeweils auf einer Skala von 0-10 beurteilen. Das „SAM“ ist ein nonverbaler Fragebogen, auf dem in drei Dimensionen die allgemeine Emotionalität (positiv-negativ / Intensität / Beeinflussung des Denkens und Fühlens durch den Gefühlszustand) durch jeweils fünf gezeichnete Figuren dargestellt wird. Der Proband soll in allen drei Dimensionen jeweils die Figur markieren, die am ehesten seinem Gemütszustand entspricht. Die Bilder des SAMs wurden mit Zahlen von 1-5 kodiert. Es ist zu beachten, dass die Zahlenwerte für die Dimensionen unterschiedliche Bedeutung haben. So bedeutet der Wert 5 nicht automatisch die stärkst mögliche Ausprägung eines Items. Die Dimension positiv/negativ reicht von 1 (positiv) bis 5 (negativ), die Dimension der Intensität geht von 1 (starke Intensität) bis 5 (schwache Intensität) und die Dimension der Beeinflussung reicht von 1 (schwache Intensität) bis 5 (starke Intensität).

Die Probanden wurden darauf hingewiesen, ihre Emotionen ehrlich anzugeben. Zum eindeutigen Verständnis des SAMs wurden folgende Erklärungen mündlich hinzugefügt (Hofmann, 2010):

„Bitte bewerten Sie Ihre gegenwärtige Stimmung danach, wie negativ oder positiv sie ist.“

„Bitte bewerten Sie Ihre gegenwärtige Stimmung danach, wie intensiv Sie empfinden.“

„Bitte bewerten Sie Ihre gegenwärtige Stimmung danach, wie stark Sie dadurch in Ihrem Denken und Fühlen beeinflusst sind.“

Zusätzlich wurden die Probanden mit folgendem Text instruiert:

„In der Studie geht es um die Wirkung von Emotionen auf die Riechwahrnehmung. Es ist daher für uns wichtig, dass Sie sich in verschiedene Gefühlszustände versetzen können, während wir Ihnen Gerüche darbieten. Ich werde Ihnen zur Unterstützung Filme darbieten, die bestimmte Emotionen auslösen. Danach befrage ich Sie zu den ausgelösten Emotionen.“

Dann erfolgt die Riechtestung. Dabei werde ich Sie immer wieder bitten, sich noch einmal in die Stimmung hineinzusetzen.

Es ist für das Experiment entscheidend, dass Sie sich gut in die emotionale Stimmung bringen können. Daher werden wir das heute an einem Beispielfilm zunächst üben. Manchen Menschen fällt es schwer, sich hier im Experiment in verschiedene Stimmungen zu begeben und diese eine Weile aufrecht zu halten. Dann kann es hilfreich sein, sich an eigene Erlebnisse zu erinnern, in denen man sich so, wie im Film gezeigt, gefühlt hat.“

SAM

“Bitte beurteilen Sie nun Ihre momentane Stimmung mit Hilfe der unten aufgeführten Figuren.“

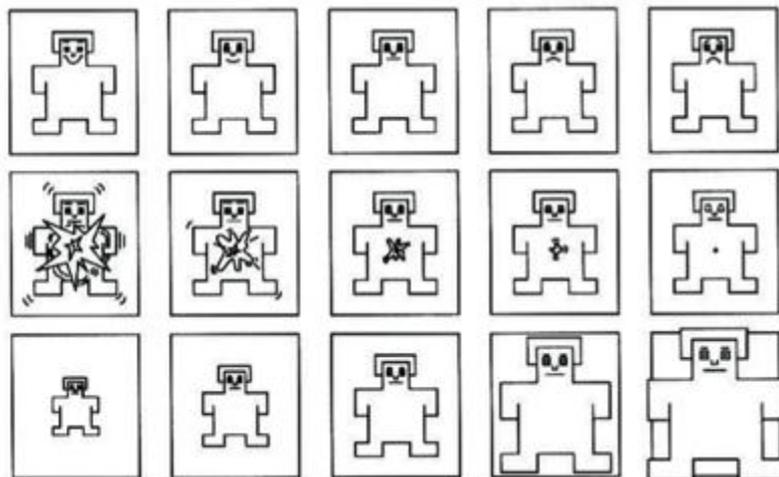


Abbildung 7 Self Assessment Manikin (SAM)

Nach der Angabe ihrer Emotionen, wurde den Probanden die Filmszene vorgespielt und sie sollten anschließend den Fragebogen erneut ausfüllen, um eventuelle emotionale Veränderungen zu registrieren.

3.4.5 Zweite und dritte Sitzung (Experiment)

Unter gleichen äußeren Bedingungen wie in der 1. Sitzung (Kopfhörer, verdunkelter Raum etc.) begann das Experiment. Den Studienteilnehmern wurden jetzt die EEG-Elektroden zur Ableitung der evozierten Potenziale angeklebt und es wurde eine Instruktion zum Ablauf gegeben, die der Instruktion im Screening sehr ähnlich war: „*In der Studie geht es um die Wirkung von Emotionen auf die Riechwahrnehmung. Es ist daher für uns wichtig, dass Sie*

sich in verschiedene Gefühlszustände versetzen können, während wir Ihnen Gerüche darbieten. Wir haben zwei Sitzungen, in denen ich Ihnen je einen Film zeigen möchte. Dabei werden wir mit dem einen Film eine intensive Emotion auslösen, der andere Film dient zur Kontrolle.

Ich werde Ihnen nun einen Film zeigen. Danach befrage ich Sie zu den ausgelösten Emotionen. Wichtig ist mir hier jedoch vor allem Ihre ehrliche Meinung. Wenn ein Film bei Ihnen keine großen Emotionen ausgelöst haben sollte, dann kreuzen Sie das bitte dementsprechend an. Dann erfolgt die Riechtestung. Dabei werde ich Sie immer wieder bitten, sich noch einmal in die Stimmung hineinzusetzen.“

Die Untersuchung umfasste dann folgende Schritte

- Vorlage des Emotionsfragebogens (Basisemotionen und SAM)
- Filmpräsentation 1: Randomisierte Präsentation einer der beiden oben beschriebenen Filmszenen (neutrale oder Traurigkeit induzierende)
- Erneute Vorlage des Emotionsfragebogens zur Messung möglicher Veränderungen durch eine durch den Film verursachte Emotionsinduktion
- Olfaktometrie mit PEA und H₂S und Ableitung der evozierten Potenziale
- Erneute Vorlage des Emotionsfragebogens zur Messung möglicher Veränderungen durch die olfaktometrische Applikation der Duftstoffe
- Abkabelung
- Filmpräsentation 2: Erneute Präsentation der Filmszene zur Aufrechterhaltung der möglichen Emotionsinduktion
- Erneute Vorlage des Emotionsfragebogens
- Messung der Riechschwelle mittels der „Sniffin‘ Sticks“ zur Klärung der Frage, ob die mögliche Emotionsinduktion die Riechschwelle beeinflusst hat
- Erneute Vorlage des Emotionsfragebogens

Die dritte Sitzung war vom Ablauf her identisch mit der zweiten. Abhängig davon, welchen Film sie in der zweiten Sitzung gesehen hatten, bekamen die Probanden in dieser Sitzung den jeweils anderen Film dargeboten.

3.5 Statistische Methoden

Die statistische Berechnung wurde mit dem Statistikprogramm SPSS durchgeführt (Statistical Packages for Social Sciences, Version 22, IBM Corporation and other(s), USA, 2013).

Untersucht wurde der Effekt der Emotionsinduktion, indem die Mittelwerte der empfundenen Emotionen vor der Filmpräsentation, nach der Filmpräsentation und nach der jeweiligen Messung miteinander verglichen wurden. Es erfolgte der Vergleich innerhalb der jeweiligen Sitzung (verschiedene Messzeitpunkte) sowie zwischen den beiden Sitzungen insgesamt (Sitzung „Kontrolle“/Sitzung „Traurigkeit“). Zum Vergleich zweier Messzeitpunkte innerhalb einer Sitzung wurde der T-Test durchgeführt. Es wurde dabei der Mittelwert (M), die Standardabweichung (SD) und der Standardfehler (SE) berechnet. Der Vergleich der Emotionalität zwischen den beiden Sitzungen wurde mit einer Varianzanalyse (ANOVA, Messwiederholungen) vorgenommen (F-Test). Der F-Test ermöglicht zu untersuchen, inwiefern sich mehrere Stichproben in ihrer Varianz unterscheiden. Ob ein Ergebnis statistisch signifikant ist, drückt p aus. Das Signifikanzniveau wurde in der vorliegenden Studie bei $p < 0,05$ festgelegt.

Die Auswertung der olfaktorisch evozierten Potentiale wurde mit dem Generalized Mixed linear Model vorgenommen. Verglichen wurden die Mittelwerte der Latenzzeiten (N1 und P2) sowie die der Amplituden (N1 und P2). Es stellt eine Erweiterung anderer gemischten linearen Modelle dar. Generalized Mixed Models haben den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu ANOVAs mit Messwiederholung fehlende Werte besser integrieren. Dies ist für die Potentialauswertung günstig. Die Ergebnisse der Analyse werden als Beispiel in folgender Darstellung wiedergegeben: Amplitude N1: $F[1,15]=1,77$, $p=0,203$. F entspricht hierbei dem F Wert für die Amplitude N1, wobei die Freiheitsgrade in der eckigen Klammer angegeben werden. Die Interpretation von statistisch signifikanten Zusammenhängen wurde auf den Zusammenhang in zwei Dimensionen begrenzt (z.B. Emotion und N1 Amplitude).

4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Emotionsinduktion sowie die Ergebnisse der Messung der olfaktorisch evozierten Potentiale unter verschiedenen Bedingungen dargestellt. Im letzten Teil werden die Mittelwerte der olfaktorischen Schwelle unter verschiedenen emotionalen Bedingungen miteinander verglichen. Es konnten alle 31 Probanden in die Auswertung der Emotionsinduktion mit einbezogen werden. Für eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse der Emotionsinduktion wird sich die Darstellung im folgenden Text auf die Emotion Traurigkeit und den SAM begrenzen. Die Ergebnisse der weiteren Basisemotionen sind in Tabellenform (*siehe Anhang*) dargestellt. Die Durchgänge im Kontext mit Olfaktometrie und Schwellenmessung wurden getrennt voneinander berechnet, in der Darstellung erscheinen sie mit „Filmdarbietung 1“ und „Filmdarbietung 2“. Anschließend erfolgt der Vergleich unter den Sitzungen „Kontrolle“/ „Traurigkeit“ insgesamt.

4.1 Ergebnisse Emotionsinduktion

4.1.1 Emotionsinduktion Sitzung „Kontrolle“

Im vorliegenden Experiment zeigte sich, dass der Filmausschnitt „Hannah und ihre Schwestern“ keine relevante Auslenkung der Emotionalität bewirkte. Die Mittelwerte aller abgefragten **Basisemotionen** blieben nach den Filmpräsentationen 1 und 2 jeweils unter drei von zehn Punkten. Traurigkeit empfanden die Probanden nach den Filmdarbietung im Mittel fast gar nicht (Filmdarbietung 1: M 0,65, SD 1,1; Filmdarbietung 2: M 0,84, SD 1,32) Während der Olfaktometrie und auch während der Schwellenmessung gab es keine signifikante Veränderung der Emotionalität. Die exakten Werte sowie weitere Ergebnisse der Basisemotionen sind der Tabelle zu entnehmen (*siehe Anhang: Tabelle 6, Graphische Darstellung siehe: Abbildungen 8 und 9*).

Als weiteres Messinstrument der Emotionalität wurde das nonverbale **SAM** eingesetzt. Es zeigte sich während der Kontrollsituation insgesamt im Mittel keine relevante Auslenkung in Richtung **positiver bzw. negativer Stimmung** (Filmdarbietung 1: M 2,87, SD 0,56; Filmdarbietung 2: M 2,03, SD 0,84). Die **Intensität** der Emotionalität wurde im Experiment nach Filmdarbietung als eher gering eingeschätzt (Filmdarbietung 1: M 3,94, SD 0,72; Filmdarbietung 2: M 3,94, SD 0,81) Die **Beeinflussung** ihres Denkens und Fühlens durch die Emotionen insgesamt gaben die Probanden als eher gering an (Filmdarbietung 1: M 2,06, SD 0,85; Filmdarbietung 2: M 2,03, SD 0,84). Die Werte blieben während der

Ergebnisse

Messungen stabil auf niedrigem Niveau und veränderten sich nicht signifikant (*siehe Anhang: Tabelle 7, Graphische Darstellung siehe: Abbildungen 10 und 11*).

Die Bedingung für die Messung, die Probanden in eine indifferente Stimmungslage zu versetzen, wurde erreicht.

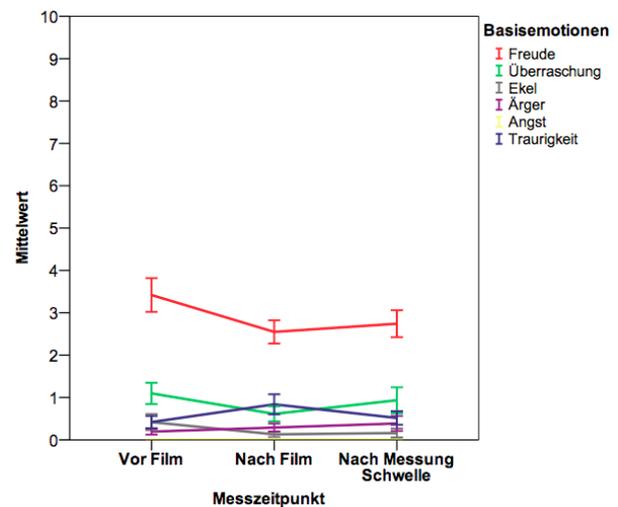
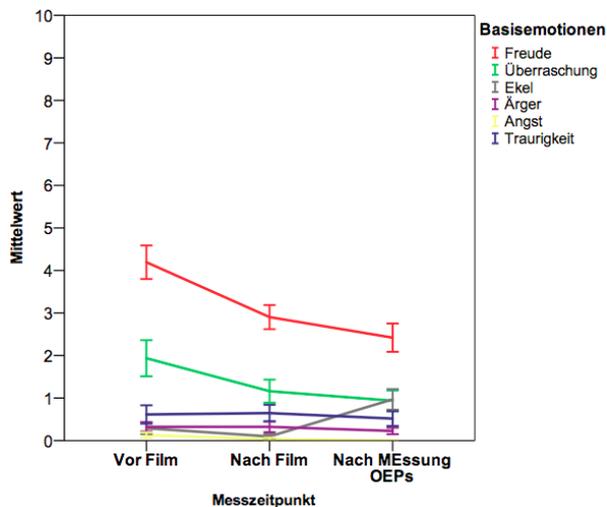


Abbildung 8 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf der Basisemotionen

Abbildung 9 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf der Basisemotionen

(Fehlerbalken: +/- 1 Standardfehler)

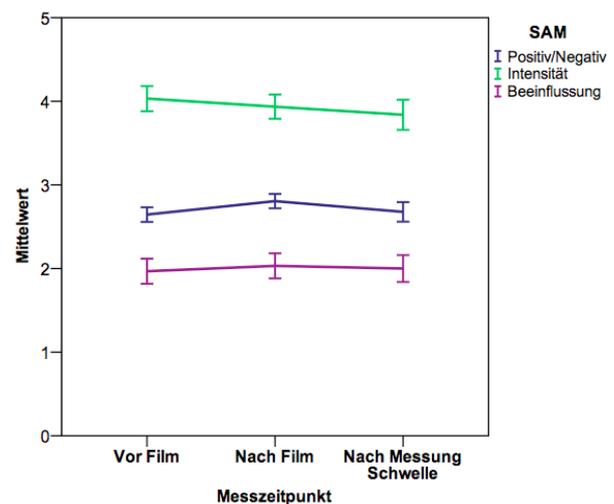
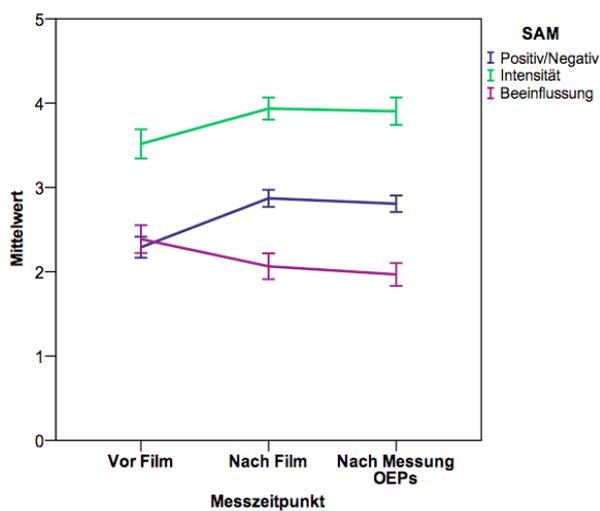


Abbildung 10 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf SAM

Abbildung 11 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf SAM

Positiv=1 bis negativ=5. Intensität stark=1 bis schwach=5. Beeinflussung schwach=1 bis stark=5
(Fehlerbalken: +/- 1 Standardfehler)

4.1.2 Emotionsinduktion Sitzung „Traurigkeit“

Die Bedingungen der Sitzung, in der die Induktion von Traurigkeit erfolgte, waren mit denen der Kontrollsituation identisch. Die Ergebnisse der Emotionsfragebögen zeigen, dass die Emotionsinduktion von Traurigkeit als Bedingung für dieses Experiment erfolgreich war. Die Probanden gaben an, sich nach der Darbietung des entsprechenden Filmausschnitts „The Champ“ deutlich trauriger zu fühlen als zuvor (Filmdarbietung 1: M 5,26, SD 2,13; Filmdarbietung 2: M 5,68, SD 2,17). Nach beiden Filmdarbietungen war der Anstieg von Traurigkeit signifikant (T-Test: $p \leq 0,001$). Die Werte der weiteren **Basisemotionen** blieben in beiden Durchgängen auf niedrigem Niveau unter 1,5 Punkten. Während der Messung mit dem Olfaktometer nahm die Intensität der Traurigkeit um 0,6 Punkte ab. Diese Abnahme war jedoch nicht signifikant (T-Test: $p = 0,52$). Die Traurigkeit blieb für das Experiment „OEP“ also ausreichend stabil. Während der Messung der Schwelle ist die Intensität von Traurigkeit auf 3,13 (M) gesunken, was eine signifikante Abnahme darstellte (T-Test: $p \leq 0,001$). Die Induktion von Traurigkeit nach dem Film war also auch in diesem Durchgang erfolgreich. Die Aufrechterhaltung während des Experimentes „Schwellentestung“ wurde jedoch nicht erreicht (siehe Anhang: Tabelle 8, Graphische Darstellung siehe: Abbildungen 12 und 13).

Wie sich im Fragebogen vor der zweiten Filmpräsentation zeigte, war nach der Messung der olfaktorischen Potentiale und darauf folgenden Entfernung der Elektroden die traurige Stimmung zwischenzeitlich wieder auf ein Niveau von 2,68 (M) gesunken (T-Test: $p \leq 0,001$). Dieser Wert bestätigte den Verdacht, dass induzierte Stimmungen sich im Verlauf einer gewissen Zeit verflüchtigen und es sinnvoll ist, die Emotionsinduktion bei Bedarf zu wiederholen.

Die Ergebnisse des nonverbalen **SAMs** zeigen, dass die Probanden ihre Stimmung insgesamt nach der Filmdarbietung eher **negativ als positiv** empfanden (Filmdarbietung 1: M 3,87, SD 0,56; Filmdarbietung 2: M 4,00; SD 0,45). Die **Intensität** der Emotionalität im Gesamten bezeichneten sie in beiden Durchgängen als mittelstark (Filmdarbietung 1: M 3,0, SD 0,82; Filmdarbietung 2: M 3,13, SD 0,92). Die **Beeinflussung** durch ihre gesamte Emotionalität nach Betrachten des Filmes bezeichneten sie ebenfalls eher als mittelstark (Filmdarbietung 1: M 2,77, SD 0,81; Filmdarbietung 2: M 2,71, SD 0,94). Während der Messung des Olfaktometers verhielten sich die Werte des SAMs annähernd stabil, keiner der Werte veränderte sich statistisch signifikant. Während der Schwellentestung zeigen die Ergebnisse des SAMs, dass die Stimmung nicht aufrechterhalten werden konnte. Die Stimmung entwickelte sich insgesamt signifikant in Richtung **positiv** auf 3,29 (M), (T-Test:

Ergebnisse

$p \leq 0,001$). Die **Intensität** schwächte sich während der Messung auf 3,68 (M) ab, (T-Test: $p = 0,005$). Die **Beeinflussung** durch die Emotionalität empfanden die Probanden nach der Schwellenmessung als geringer 2,26 (M), (T-Test: $p \leq 0,001$). (Siehe Anhang: Tabelle 9, Graphische Darstellung siehe: Abbildungen 14 und 15).

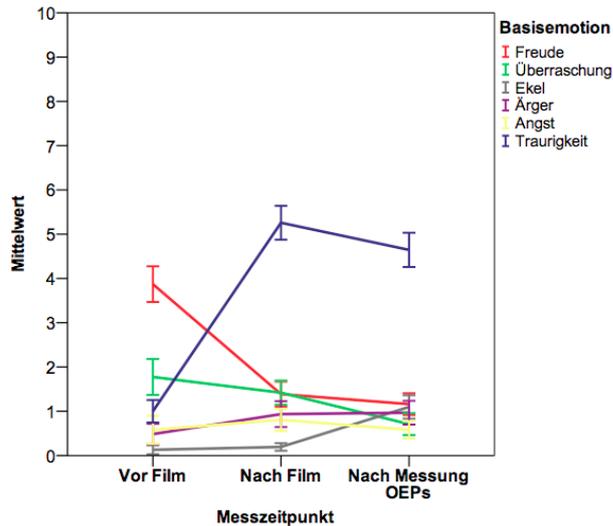


Abbildung 12 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf der Basisemotionen

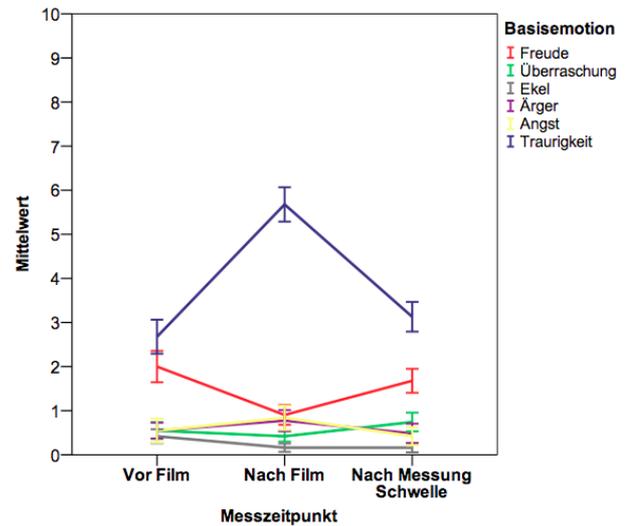


Abbildung 13 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf der Basisemotionen

(Fehlerbalken: +/- 1 Standardfehler)

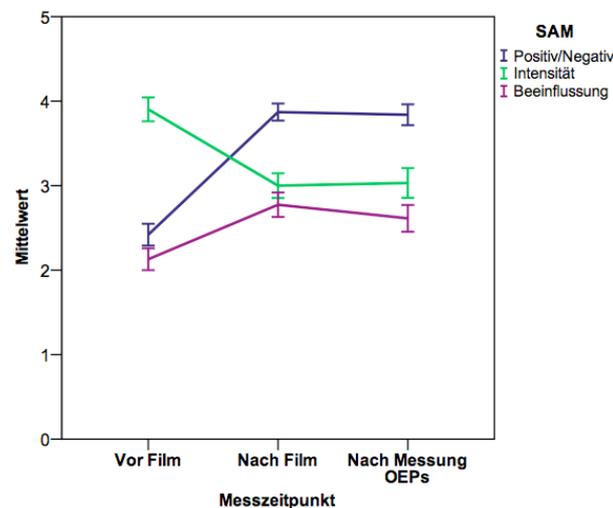


Abbildung 14 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf SAM

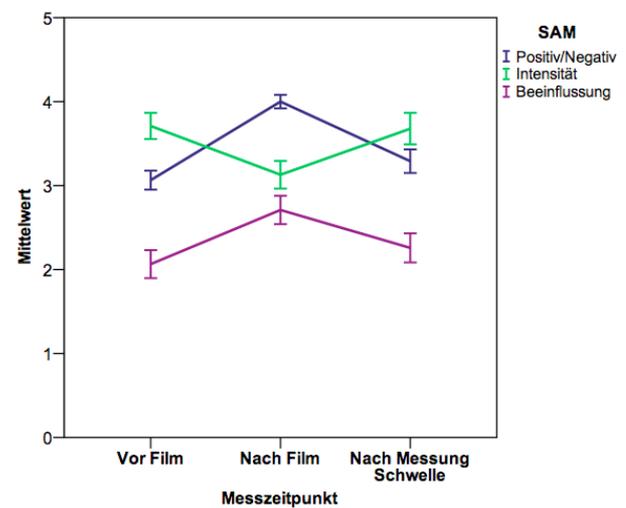


Abbildung 15 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf SAM

Positiv=1 bis negativ=5. Intensität stark=1 bis schwach=5. Beeinflussung schwach=1 bis stark=5
(Fehlerbalken: +/- 1 Standardfehler)

4.1.3 Vergleich der Emotionsinduktion zwischen den Sitzungen „Kontrolle“ und „Traurigkeit“

Die Darstellung der Ergebnisse bzgl. der Emotionsinduktion beschränkte sich bisher auf den Vergleich innerhalb der jeweiligen Sitzung und dem jeweiligen Zeitpunkt der Abfrage mittels T-Test. Folgend soll nun der Vergleich der Emotionalität insgesamt zwischen den Sitzungen „Kontrolle“ und „Traurigkeit“ dargestellt werden. Es wurde hauptsächlich untersucht, ob die Studienteilnehmer in der Sitzung „Traurigkeit“ nicht nur trauriger waren als vor der Filmdarbietung, sondern auch im Vergleich zur Sitzung, in welcher der Kontrollfilm gezeigt wurde. In dieser Darstellung wird auch eine Übersicht über alle abgefragten Basisemotionen erfolgen. Mittels Varianzanalyse wurden die Mittelwerte der Basisemotionen und die des SAMs der gesamten Sitzung miteinander verglichen (ANOVA Messwiederholung mit den Faktoren Emotion und Messzeitpunkt). Die Ergebnisse im Zusammenhang mit der Ableitung der evozierten Potentiale und der Schwellenmessung wurden hierbei erneut getrennt voneinander berechnet.

Vergleich der Emotionalität zwischen den Sitzungen

Der Vergleich zwischen den Sitzungen zeigt an, dass die Probanden in der Sitzung mit traurigem Film signifikant mehr **Traurigkeit** empfanden als in der Kontrollsituation (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=120,45$, $p\leq 0,001$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=107,66$, $p\leq 0,001$). Es zeigt sich ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen dem Zeitpunkt der Emotionsabfrage und den Versuchsgruppen (Filmdarbietung 1: $F[2,60]=92,38$, $p\leq 0,001$; Filmdarbietung 2: $F[2,60]=33,69$, $p\leq 0,001$). Das bedeutet, dass sich die Stimmung zwischen den Untersuchungsbedingungen signifikant unterschiedlich entwickelte. Während vor Beginn des Filmes keine signifikanten Unterschiede in der Traurigkeit zu sehen waren (T-Test: $p=0,14$) zeigte sich nach Filmdarbietung ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (T-Test: $p\leq 0,001$), der sich bis nach Olfaktometermessung hielt (T-Test: $p\leq 0,001$) (*siehe: Abbildung 16*). Der bereits erwähnte wichtige Fakt, dass die Traurigkeit während der Schwellenmessung im zweiten Durchgang der Sitzung „Traurigkeit“ signifikant abnahm (T-Test: $p\leq 0,001$), wird in dieser Auswertung verdeckt, da sich die Probanden in diesem Durchgang im direkten Vergleich zwischen den Sitzungen in der Sitzung „Traurigkeit“ dennoch signifikant trauriger fühlten, als in der Kontrollsituation (T-Test: $p\leq 0,001$) (*siehe: Abbildung 17*).

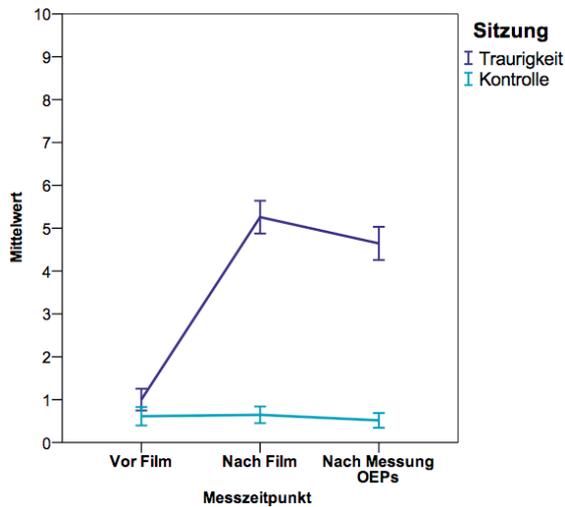


Abbildung 16 Vergleich Traurigkeit zwischen Sitzung „Kontrolle“ und „Traurigkeit“ Film-darbietung 1

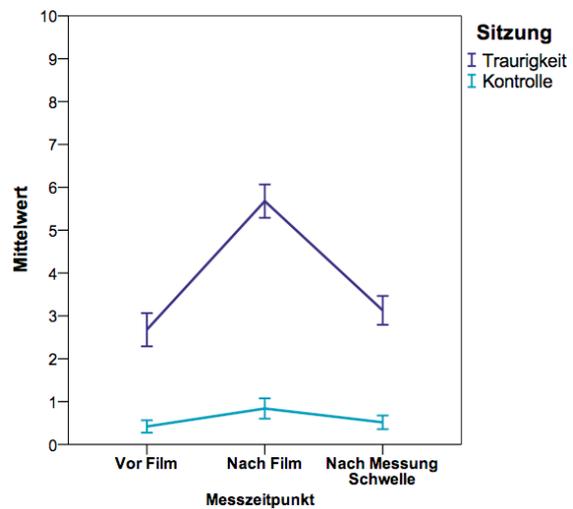


Abbildung 17 Vergleich Traurigkeit zwischen Sitzung „Kontrolle“ und „Traurigkeit“ Film-darbietung 2

(Fehlerbalken: +/- 1 Standardfehler)

Im Vergleich der beiden Sitzungen zeigten die weiteren **Basisemotionen** folgende statistisch signifikante Unterschiede: **Freude** empfanden die Probanden in der Sitzung „Traurigkeit“ weniger als in der Kontrollsituation (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=16,14$, $p \leq 0,001$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=31,12$, $p \leq 0,001$) **Ärger** empfanden sie in der Sitzung „Traurigkeit“ im Kontext der Olfaktometrie verstärkt (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=7,93$, $p=0,01$), im Kontext der Schwellentestung nicht unterschiedlich stark (Filmdarbietung 2: $F[1,30]=2,5$, $p=0,13$). Auch **Angst** zeigte in der Sitzung „Traurigkeit“ höhere Werte als in der Kontrollsituation (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=8,60$, $p=0,006$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=6,61$, $p=0,02$).

Kein signifikanter Unterschied zeigte sich zwischen den beiden Sitzungen für die Emotion **Überraschung** (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=0,02$, $p=0,88$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=2,93$, $p=0,1$) und **Ekel** (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=0,05$, $p=0,83$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=0,01$, $p=0,93$) (siehe Anhang: Tabelle 10).

Der Vergleich der Ergebnisse des **SAMs** zeigte im Vergleich der einzelnen Sitzungen in jeder der drei Kategorien signifikante Unterschiede. Der Vergleich der Werte für die Dimension **positiv/negativ** zeigte in der Sitzung „Traurigkeit“ verstärkt eine allgemeine Stimmung in Richtung negativ (Filmdarbietung 1: $F[1,23]=85,55$, $p \leq 0,001$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=75,02$, $p \leq 0,001$). Die **Intensität** der Emotionalität insgesamt bezeichneten die Probanden in der Sitzung „Traurigkeit“ als stärker ausgeprägt als in der Kontrollsituation (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=16,21$, $p \leq 0,001$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=5,90$, $p=0,02$). Die **Beeinflussung** des Denkens und Fühlens durch die Emotionalität insgesamt wurde in der

Sitzung „Traurigkeit“ als stärker angegeben als in der Kontrollsituation (Filmdarbietung 1: $F[1,30]=20,45$, $p \leq 0,001$; Filmdarbietung 2: $F[1,30]=23,06$, $p \leq 0,001$) (siehe Anhang: Tabelle 10).

4.2 Ergebnisse der Ableitung olfaktorisch evoked Potentials

Die Auswertung der Ergebnisse der Ableitung olfaktorisch induzierter Potentials ergab, dass die Stimmung eine signifikante Auswirkung auf die olfaktorische Funktion hat. Es zeigte sich abhängig von der Stimmung eine veränderte Dauer und Intensität der Verarbeitung der Geruchsreize. Zusätzlich verarbeiteten die Probanden angenehme und unangenehme Gerüche unter Einfluss von Traurigkeit unterschiedlich.

4.2.1 Latenzzeiten

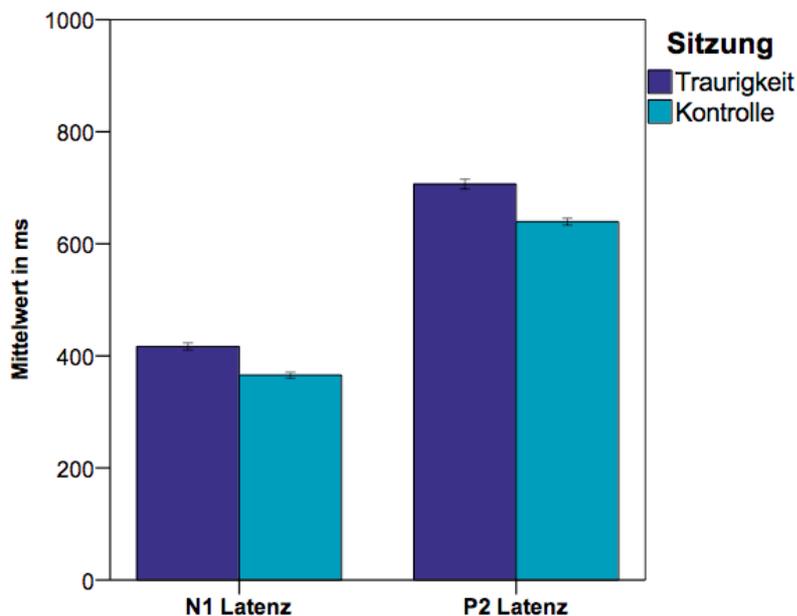


Abbildung 18 Latenzzeiten für H2S und PEA unter verschiedenen emotionalen Bedingungen (Fehlerbalken +/- 1 SE)

N1: In der Latenzzeit von N1 zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Emotionalität, wobei die Latenzzeit unter trauriger Stimmung signifikant verlängert war ($F[29,2]=38,5$, $p \leq 0,001$). Es zeigten sich kein signifikanter Haupteffekt für den Reiz und keine statistisch signifikanten Interaktionseffekte zwischen Reiz und Emotionalität (siehe Abbildung 18, exakte Werte siehe: Tabelle 3).

P2: In der Latenzzeit von P2 zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Emotionalität, wobei die Latenzzeit unter trauriger Stimmung signifikant verlängert war ($F[29,2]=40,0$, $p \leq 0,001$). Es zeigte sich jedoch kein signifikanter Haupteffekt der Geruchsqualität und kein signifikanter

Interaktionseffekt zwischen Geruchsqualität und der Emotionalität (siehe Abbildung 18, exakte Werte siehe Tabelle 3).

4.2.2 Amplituden

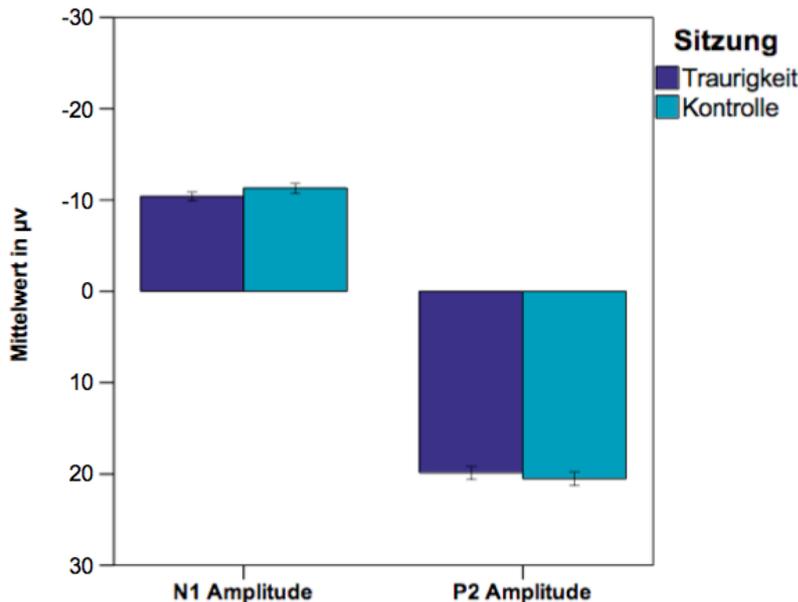


Abbildung 19 Amplituden für H₂S und PEA unter verschiedenen emotionalen Bedingungen
(Fehlerbalken +/- 1 SE)

N1: In der N1 Amplitude zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Geruchsqualität und der Emotionalität. Während sich für den angenehmen Reiz PEA keine Veränderungen der Amplitude zeigten, stellte sich die Amplitude für den unangenehmen Reiz H₂S in trauriger Stimmungslage als kleiner dar als in neutraler Stimmung ($F[29,2]=4,68$, $p=0,031$). Es fanden sich keine signifikanten Haupteffekte des Reizes oder der Emotionalität (siehe Abbildung 19, exakte Werte siehe: Tabelle 3).

P2: In der Amplitude P2 zeigte sich ein statistisch signifikanter Haupteffekt für die Qualität des Reizes, indem sich die Amplitude für P2 für den Reiz PEA als größer darstellte als für H₂S ($F[29,2]=11,704$, $p=0,001$). Ein statistisch signifikanter Interaktionseffekt der Stimmung oder der Geruchsqualität und der Emotionalität konnte nicht festgestellt werden (siehe Abbildung 19, exakte Werte siehe: Tabelle 3).

Zur graphischen Darstellung vom Verlauf der gemittelten Potentiale unter verschiedenen emotionalen Bedingungen am Beispiel der Elektrode FZ siehe Abbildung 20.

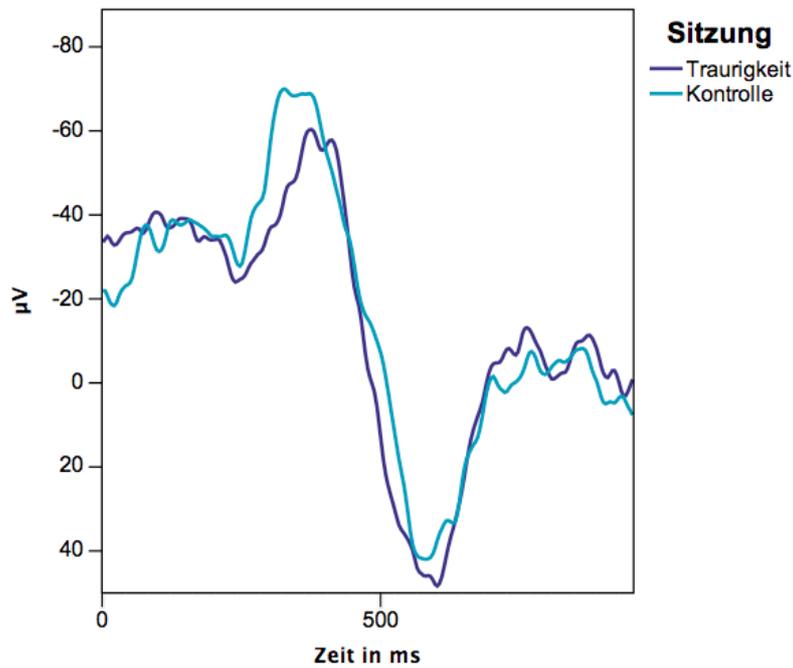


Abbildung 20 Olfaktorisch evozierte Potentiale (gemittelt) unter verschiedenen emotionalen Bedingungen am Beispiel der Elektrode FZ

	Reiz	Emotion			
		Sitzung „Kontrolle“		Sitzung „Traurigkeit“	
		M	SD	M	SD
Amplitude N1 (µV)	PEA	-10,8	8,8	-11,2	9,0
	H ₂ S	-11,8	10,3	-9,5	7,6
Amplitude P2 (µV)	PEA	18,1	12,4	18,7	12,5
	H ₂ S	23,0	13,0	21,0	11,7
Latenz N1 (ms)	PEA	351	89	417	121
	H ₂ S	380	95	417	94
Latenz P2 (ms)	PEA	625	87	708	150
	H ₂ S	654	123	705	143

Tabelle 3 Ergebnisse olfaktorisch induzierte Potentiale für die Reize PEA und H₂S unter verschiedenen emotionalen Bedingungen

4.3 Ergebnisse Schwellenmessung

Im Verlauf der vorliegenden Studie wurde insgesamt dreimal die Schwelle jeweils unter verschiedenen Bedingungen gemessen. Zuerst beim Screening als Komponente des SDI zur Beurteilung, ob eine Normosmie vorlag. Das zweite und dritte Mal erfolgte die Messung in den Sitzungen nach Emotionsinduktion in neutraler sowie trauriger Stimmung. Diese beiden Sitzungen liefen identisch ab und sollen miteinander verglichen werden. Das Riechscreening wurde unabhängig von Emotionsinduktion bzw. Messung von Emotionen durchgeführt. Es ist also unklar, welche emotionalen Bedingungen bei den Probanden zur Zeit dieser Messung vorlagen. Aus diesem Grund kann man den Wert vom Screening nicht direkt mit den Werten unter den Bedingungen des Experiments vergleichen. Zur vollständigen Darstellung sei er trotzdem erwähnt. Im Screening zeigte sich bei den Probanden im Mittel eine olfaktorische Schwelle von 7,6 (M) (SD 1,67). Die Schwelle war in beiden Sitzungen des Experimentes geringer als im Screening. In der Kontrollsituation zeigte sich der Schwellenwert bei 6,98 (M) (SD 2,14). Nach der Emotionsinduktion von Traurigkeit lag die Schwelle bei 7,13 (M) (SD 2,29). Der direkt vergleichbare Schwellenwert von Kontrollsituation und der Sitzung, in der Traurigkeit induziert wurde, lag nach Induktion von Traurigkeit 0,15 Punkte über dem in der Sitzung in neutraler Stimmung. Dieser Unterschied ist statistisch jedoch nicht signifikant (T-Test $p=0,59$). In der vorliegenden Studie zeigte sich somit keine unterschiedliche Riechleistung bezüglich der olfaktorischen Schwelle unter verschiedenen emotionalen Bedingungen (siehe: *Abbildung 21 und Tabelle 4*).

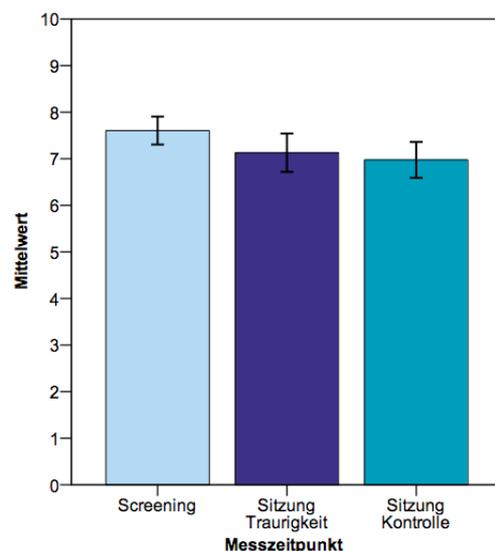


Abbildung 21 Olfaktorische Schwelle unter verschiedenen emotionalen Bedingungen (Fehlerbalken: +/- 1 Standardfehler)

	Screening			Sitzung „Kontrolle“			Sitzung „Traurigkeit“		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Schwellenwert	7,60	1,67	0,30	6,98	2,14	0,38	7,13	2,29	0,41

Tabelle 4 Ergebnis olfaktorische Schwelle

M=Mittelwert, SD=Standardabweichung, SE=Standardfehler Mittelwert

5 Diskussion

In der folgenden Diskussion erfolgt zunächst die Diskussion der einzelnen Ergebnisse, anschließend werden methodenkritische Einwände angeführt.

5.1 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Emotionsinduktion zeigen, dass sich die Probanden in der Sitzung „Traurigkeit“ nach der Filmpräsentation signifikant trauriger fühlten als vor der Filmpräsentation. Ebenso fühlten sie sich in der Sitzung „Traurigkeit“ insgesamt signifikant trauriger als in der Kontrollsituation. Während der Olfaktometrie blieb die Traurigkeit ausreichend stabil, während der Schwellenmessung nahm sie signifikant ab.

Die Ergebnisse der olfaktorisch evozierten Potentiale zeigen, gemessen an den Latenzzeiten, in trauriger Stimmung eine statistisch signifikant längere Verarbeitungszeit für beide verwendeten Düfte (PEA und H₂S). Gemessen an der Amplitude N1 wird deutlich, dass der unangenehme Reiz (H₂S) in trauriger Stimmung weniger stark verarbeitet wurde als in neutraler Stimmung.

Die olfaktorische Schwelle stellte sich unter verschiedenen emotionalen Bedingungen als nicht verändert dar, wobei sich die Emotionalität während der Messung signifikant veränderte.

5.1.1 Ergebnisse der Emotionsinduktion

Das Ziel der Emotionsinduktion, dieselben Probanden in zwei verschiedenen Sitzungen in unterschiedliche Stimmungen zu versetzen und ihre olfaktorische Funktion unter diesen Bedingungen zu vergleichen, wurde erreicht. In der Kontrollsituationen blieben die Basisemotionen zu jedem abgefragten Zeitpunkt auf niedrigem Niveau. Wir sehen einen statistisch deutlich signifikanten Unterschied zur Sitzung, in der Traurigkeit induziert wurde. Die Emotionsinduktion an sich hat also mittels der vorevaluierten Filmausschnitte den gewünschten Effekt erzielt. Nach Darbietung des Filmes waren die Probanden signifikant trauriger als vor der Filmdarbietung und ebenfalls trauriger als in der Kontrollsituation zu diesem Messzeitpunkt. Während der Wert im Verlauf der Olfaktometrie annähernd stabil blieb, fiel der Wert für Traurigkeit während der Schwellenmessung jedoch signifikant ab. Im Fragebogen des SAMs wurde ebenfalls eine signifikante Stimmungsveränderung in Richtung positiv angezeigt. Dass dieser Effekt bei der Olfaktometrie nicht auftrat, ist eventuell mit den

äußeren Bedingungen zu erklären. Während der Ableitung der olfaktorisch induzierten Potentiale, saßen die Probanden in einem abgedunkelten Raum hinter einem Vorhang und hatten neben der Durchführung des Computerspiels, welche minimale Aufmerksamkeit erfordert, lediglich die Aufgabe sich in die Stimmung des Filmes zu versetzen. Bei der Messung der olfaktorischen Schwelle bestand zum einen ein direkter Kontakt mit dem Versuchsleiter, welcher es erschwert haben könnte, sich auf die Emotion zu fokussieren. Zusätzlich ist es durchaus denkbar, dass die Probanden durch die ständig wiederkehrende Aufgabe der Benennung des korrekten Stiftes ebenfalls von ihrer Stimmung abgelenkt wurden. Sie wurden währenddessen vom Versuchsleiter wiederholt darauf hingewiesen sich in die Stimmung hineinzusetzen, die der Film bei ihnen ausgelöst hatte. Es ist ihnen jedoch nicht in derselben Intensität wie während der Olfaktometrie gelungen. Die Emotionsinduktion an sich war erfolgreich, die Veränderung der Stimmung während der Untersuchung jedoch könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Fokussierung auf eine zu erfüllende Aufgabe eine induzierte Emotion zumindest nach einer gewissen Zeitspanne vermindert. Bezüglich der Dauer und Aufrechterhaltung von induzierten Emotionen finden sich in der Literatur keine konkreten Zeitangaben. Deutlich wurde jedoch, dass es sinnvoll ist, Emotionen bei Bedarf erneut zu induzieren. Es zeigte sich während der Sitzung „Traurigkeit“, dass sich die Emotion nach der Abkabelung vom Olfaktometer und Säuberung der Kopfhaut signifikant vermindert hatte und der Grad der Emotionsintensität für die Schwellenmessung nicht mehr ausgereicht hätte, wäre den Probanden vor der Schwellenmessung nicht erneut die Filmsequenz präsentiert worden.

5.1.2 Ergebnisse der Ableitung olfaktorisch evozierter Potentiale

Das für die Studie gewählte within-subjects Design ließ einen guten Vergleich der abgeleiteten OEP zu, da der Vergleich mit identischen Probanden untereinander stattfand. Wie in den Ergebnissen erläutert, zeigten sich unter verschiedenen emotionalen Zuständen signifikant veränderte evozierte Potentiale. Unter dem Einfluss von trauriger Stimmung ergaben sich verlängerte Latenzzeiten für N1 und P2. Ebenso zeigten die Probanden einen Unterschied in der Verarbeitung von angenehmen und unangenehmen Gerüchen, welche sich in einer veränderten Amplitude N1 darstellte.

Bezüglich der Bedeutung der verschiedenen Komponenten des olfaktorisch evozierten Potentials lässt sich allgemein sagen, dass die frühen Potentialantworten, also die Komponente N1, eher von exogenen Faktoren beeinflusst werden. Sie sind unter anderem

abhängig von Qualität und Intensität des dargebotenen Reizes. Als späte Potentialantwort drückt die Komponente P2 mehr die endogene Komponente der Verarbeitung des Stimulus aus (Andersson et al., 2011). Sie zeigt den Prozess der kognitiven Verarbeitung an. Beeinflussend darauf wirken Faktoren wie Vertrautheit mit dem Reiz und die spezifische Bedeutung des Reizes für den einzelnen Probanden. Während die Latenzzeit dabei die Geschwindigkeit dieses Prozesses anzeigt, steht die Amplitudengröße für die Bedeutung des Reizes bei der Bearbeitung (Pause et al., 1996). In der vorliegenden Studie zeigte sich deutlich, dass beide Latenzzeiten, also N1 und P2, von der traurigen Stimmung beeinflusst wurden, insofern sie unabhängig von der Reizqualität verlängert waren. Man kann also davon ausgehen, dass die Probanden in trauriger Stimmung länger brauchten, die Reize zu verarbeiten als es in neutraler Stimmung der Fall war. Dieser Effekt stimmt mit Ergebnissen von Studien überein, welche die olfaktorische Funktion bei depressiven Patienten untersucht haben. Dort hatte sich ebenfalls eine verlängerte Latenzzeit von P2 gezeigt (Pause et al., 2003; Negoias et al. 2010; Croy et al. 2013). Während bei der Depression neben einer niedergeschlagenen Stimmung der Patienten auch körperliche Faktoren wie eine veränderte Größe des Bulbus olfactorius als Ursache dieses Phänomens diskutiert werden, kann bei der vorliegenden Studie lediglich die Emotionalität als Auslöser angenommen werden.

Es ist bekannt, dass die Stimmung von Menschen ihre Aufmerksamkeit beeinflusst. So erläuterte Alice M. Isen (2001) in einer Übersichtsarbeit, dass Menschen in positiver Stimmung flexibler im Denken werden und kreativer Problemlösungen entwickeln können. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Gasper (2003). Aus eigener Erfahrung kann in der Regel fast jeder Mensch nachvollziehen, dass man in positiver Stimmung Dinge anders wahrnimmt. Mitmenschen mögen einem in diesem Zustand freundlicher vorkommen, es fallen einem Dinge mehr auf, die man in negativen Stimmungen vielleicht gar nicht bemerkt. Der Fokus der Aufmerksamkeit ist bei positiver Stimmung größer als bei negativer. Ein gegenteiliges Beispiel kann etwa eine Prüfungssituation darstellen, in der eine eventuell negative Stimmung (Anspannung, Nervosität) den Prüfling so sehr beeinflusst, dass ihm Fakten nicht mehr einfallen, die er einen Tag zuvor noch sehr gut beherrschte.

Wir gehen daher davon aus, dass die Probanden unter Einfluss von Traurigkeit weniger aufmerksam waren und aus diesem Grunde länger für die Verarbeitung der Reize benötigt haben. Sie waren wahrscheinlich weniger aufnahmefähig als in indifferenter Stimmung. Während bei depressiven Patienten auch neurobiologische Veränderungen zur Erklärung der verlängerten Latenzzeiten diskutiert werden, zeigt die vorliegende Studie einen direkten

Einfluss der Stimmung auf die olfaktorische Wahrnehmung. Dass dieser Effekt bei der Depression ebenfalls als Faktor eine Rolle spielt, ist wahrscheinlich.

Während andere Studien gezeigt haben, dass in schlechter Stimmung negative Reize stärker erlebt werden (Koster et al., 2010; Becker & Leininger, 2011), zeigt die vorliegende Arbeit, dass ein unangenehmer Reiz unter Einfluss trauriger Stimmung weniger wahrgenommen wird als in neutraler Stimmungslage. Der hier erhobene Befund lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass der Effekt der durch die traurige Verstimmung verminderten Aufmerksamkeit den von Koster et al. sowie von Becker und Leininger beschriebenen Verstärkereffekt einer negativen Stimmung auf negative Reize überwog.

Zusammenfassend sei gesagt: Durch eine verlängerte Latenzzeit, die sich für beide Geruchsreize zeigt, sehen wir eine generelle Aufmerksamkeitsverringering bzw. eine verzögerte Verarbeitungsgeschwindigkeit in trauriger Stimmung. Die Amplitude für N1 zeigt zusätzlich eine geringere Intensität der Wahrnehmung für einen negativen Eindruck. Wir gehen daher von einer gleichgültigeren Haltung schlechten Reizen gegenüber aus. Es gab keine Hinweise auf eine veränderte Wahrnehmung des positiven Reizes PEA unter verschiedenen emotionalen Bedingungen.

5.1.3 Ergebnisse der Messung der olfaktorischen Schwelle

Die Messung der olfaktorischen Schwelle zeigte keine signifikante Veränderung unter verschiedenen emotionalen Bedingungen. Es gibt einige Studien, die aufgezeigt haben, dass die olfaktorische Schwelle bei Patienten, die unter einer Depression leiden, signifikant verringert ist. So zeigten die Arbeiten von Pause et al. (2001), sowie Negoias et al. (2010) bei depressiven Patienten im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe eine verminderte Geruchsschwelle für die Stoffe PEA und Eugenol. Darüber hinaus zeigten sie, dass die Ausprägung der verminderten olfaktorischen Wahrnehmungsleistung mit der Schwere der depressiven Symptomatik korrelierte und bei einer erfolgreichen psychiatrischen Behandlung nicht mehr nachzuweisen war. In der Literatur finden sich jedoch ebenfalls Studien, die diesen Effekt nicht nachweisen konnten. So zeigte sich in der Studie von Thomas et al. kein signifikanter Unterschied in der Wahrnehmungsschwelle von depressiven Patienten im Vergleich zu gesunden, wobei zu erwähnen ist, dass in der besagten Studie keine rein olfaktorischen Reize, sondern Geruchsstoffe mit trigeminalen Anteilen verwendet wurden (Thomas et al., 2002). Croy et al. konnten ebenfalls keine signifikant verminderte

Wahrnehmungsschwelle bei depressiven Patienten feststellen. Sie verwendeten den rein olfaktorischen Geruchsstoff PEA (Croy et al. 2013).

Die Schwellenergebnisse der vorliegenden Studie sind durchaus kritisch zu betrachten. Die Ergebnisse zeigen zwar keine signifikant veränderte olfaktorische Funktion bezüglich der Wahrnehmungsschwelle in trauriger Stimmung gesunder Probanden, jedoch veränderte sich diese Stimmung während der Untersuchung signifikant. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Emotionsinduktion kann keine eindeutige Aussage bezüglich der Geruchsschwelle getroffen werden. Die Stimmung war trauriger als unter Kontrollbedingungen, jedoch nicht deutlich genug ausgeprägt um eine allgemeine Aussage zu treffen. Wir gehen davon aus, dass das negative Ergebnis der Schwellenmessung auf das Studiendesign zurückzuführen ist.

5.2 Methodenkritik

5.2.1 Stichprobenauswahl

An der Studie nahmen 31 gesunde Probanden in einem Durchschnittsalter von 27,9 Jahren teil. Die statistisch signifikanten Ergebnisse und die daraus folgenden Aussagen der Studie können also lediglich für den untersuchten Teil der Population gemacht werden. Um die externe Validität zu erhöhen, hätte man gezielt noch weitere Personengruppen (wie z.B. Kinder oder ältere Menschen) untersuchen müssen. Kinder hätten aufgrund ethischer Bedenken und Anspruch des Paradigmas nicht an dieser Studie teilnehmen können. Da Menschen im Alter über 55 Jahre generell eine schlechtere olfaktorische Leistung aufweisen als jüngere Menschen (Kobal et al., 2000; Hummel et al., 2007), hätte man sich beim Einschluss älterer Probanden mit dem Fakt auseinandersetzen müssen, ob die Ergebnisse der olfaktorischen Leistung durch das Alter der Probanden beeinflusst sein würden. Bei dem Versuch der Annäherung an die Antwort auf die Frage, ob Emotionen generell die olfaktorische Funktion beeinflussen, erschien es uns im Vorfeld als wichtigstes Untersuchungskriterium, dass psychisch gesunde Normosmiker an der Studie teilnehmen würden. Wir hielten es daher für sinnvoll jüngere Probanden zu untersuchen.

5.2.2 Emotionsinduktion

Obwohl zahlreiche Studien die Effizienz von Emotionsinduktion bestätigen und Westermann et al. in einer Metaanalyse 1996 die Präsentation von Filmen als besonders effektiv

bezeichnen, sollte die Induktion von Emotionen nicht gänzlich kritiklos betrachtet werden. Es sollte beachtet werden, dass nicht alle Menschen gleichermaßen in der Lage sind, in einer experimentellen Situation ihre Emotionen wahrzunehmen und diese auch ehrlich anzugeben. Neben einer gewissen Suggestibilität, Aufgeschlossenheit und Introspektionsfähigkeit wurde bei den Probanden die Bereitschaft vorausgesetzt, sich in diesem Moment auf das Experiment emotional einzulassen.

Ein weiterer Kritikpunkt, der in Bezug auf eine psychologische Studie erwähnt sein sollte, sind die sogenannten „Demand Characteristics“, also Hinweise auf Anforderungen oder erwünschte Effekte eines Experiments, die ein Studienteilnehmer wahrnimmt und sein Verhalten danach ausrichtet (Orne, 1962). Orne ging davon aus, dass das Verhalten eines Menschen während eines Experiments von den Bedingungen des Experimentes bzw. dem sozialen Kontext in dem das Experiment steht geprägt sei. Menschen im Allgemeinen wollten nicht nur passiv auf Dinge die ihnen passieren reagieren, sondern versuchten eher aktiv und sinnvoll zu verstehen, was mit ihnen passiere. Sobald ein Mensch glaube, verstanden zu haben, was von ihm erwartet werde, beeinflusse dieses Verständnis auch sein Verhalten. Im Experiment könne z.B. der Wunsch des Probanden, die vermeintlich an ihn gerichteten Erwartungen zu erfüllen, sein Verhalten beeinflussen (Orne, 1962). In der vorliegenden Studie ist es also denkbar, dass die Probanden eine Emotionalität angegeben haben, die sie gar nicht empfunden haben. Motivation für ein solches Verhalten kann z.B. sein, dass der Proband besonders gute Ergebnisse für ein Experiment liefern wollte, oder sich im sozialen Kontext eine gute Bewertung des Versuchsleiters wünschte. Auf der anderen Seite wäre es denkbar, dass ein Proband die vermeintlichen Anforderungen erkennt und sich gegenteilig verhält. Von dem Idealfall eines Probanden, der sich von den Experimentalbedingungen in keinerlei Hinsicht beeinflussen lässt und sich uneingeschränkt nach den Instruktionen verhält, ist grundsätzlich nicht auszugehen. Laut Orne ist es nicht möglich, ein Experiment ohne jegliche „Demand Characteristics“ durchzuführen. In der Literatur findet man mehrere Möglichkeiten, „Demand Characteristics“ zu kontrollieren. So kann man zum Beispiel den Probanden die Aufgabe des Experimentes verschleiern und sich eine plausible Alternativgeschichte bezüglich des Settings überlegen. Ebenfalls könnte man den Probanden zu Beginn des Experiments suggerieren, es handele sich um den gegenteiligen Effekt, der erzielt werden soll (Reuschenbach, 2002). Für dieses Experiment hätte dies bedeutet, zu suggerieren, dass eine andere Emotion erzeugt werden sollte. Abgesehen von ethischen Aspekten, die aufkommen, wenn man Probanden bewusst täuscht, hätte man sich dann bei der Ergebnisbewertung mit dem Problem auseinandersetzen müssen, inwieweit die Probanden die Täuschung erkannt hätten und inwieweit dies ihre Reaktion beeinflusst hätte.

Wir sind daher so vorgegangen, dass wir Filmsequenzen auswählten, die in anderen Studien die besten Ergebnisse bezüglich der Emotionsinduktion erzielt hatten. Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass es kein „falsches“ oder „richtiges“ Empfinden gebe, sondern lediglich ehrlich die aktuelle Emotionalität angegeben werden soll. Faktoren der Beeinflussung könnten auch durch Verblindung der Bedingungen des Experiments minimiert werden. In diesem Fall weiß der Proband nicht, welcher Bedingung er ausgesetzt ist und der Versuchsleiter bleibt ebenfalls im Unklaren darüber (Orne, 1962). Durch das within-subjects Design, also dem Vergleich von den identischen Probanden unter unterschiedlichen Bedingungen, war eine Verblindung der Situation nicht möglich. Der Versuchsleiter kannte die jeweilige Bedingung der Sitzung und der Proband konnte durch den Filmausschnitt ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit erahnen, ob er sich in der Sitzung „Traurigkeit“ oder in der Kontrollsituation befindet.

Um eine Beeinflussung durch den Versuchsleiter möglichst gering zu halten, kamen standardisierte Texte zur Instruktion zum Einsatz.

5.2.3 Messung der Emotionalität

Zur Messung der aktuellen Emotionalität wurden Fragebögen verwendet. Die Messung von Emotionen mittels Fragebögen wird von mehreren Störfaktoren begleitet. Sie setzt die Introspektionsfähigkeit derjenigen voraus, die den Fragebogen ausfüllen und beschreibt lediglich den hypothetischen Gefühlszustand des Probanden und nicht einen tatsächlich vorhandenen. Die eigene Wahrnehmung des Gefühlszustandes durch den Probanden kann also fehlerhaft sein (Nisbett & Wilson, 1977). Neben einer mangelnden Introspektionsfähigkeit besteht weiterhin die Möglichkeit der willentlichen oder unwillentlichen Verzerrungsmöglichkeit eines solchen Bogens durch die „Demand Characteristics“. Bei verbalen Äußerungen über Gefühlszustände sollte grundsätzlich auch beachtet werden, dass die Bedeutung von Wörtern nicht bei jedem Menschen identisch ist. In der Annahme, dass Emotionen mit einem typischen Gesichtsausdruck einhergehen, wäre eine alternative Möglichkeit gewesen, den Gesichtsausdruck mit technischen Messverfahren aufzuzeichnen und dadurch auf den emotionalen Zustand der Probanden rückzuschließen. Bei einer von Ekman vorgestellten Methode überwacht man mit Kameraaufzeichnung die Gesichtsmuskelbewegungen von Probanden unter bestimmten Bedingungen und wertet sie anschließend mit Hilfe eines Manuals aus (Facial Action Coding System, FACS) (Ekman, 1982). Wahlweise kann man Gesichtsmuskelbewegungen auch mittels Elektromyogramm (EMG) aufzeichnen und sie per Computer auswerten (Schwartz et al., 1976). Diese

Methoden erfordern jedoch bestimmte technische Mittel, die nicht vorhanden waren. Auch eine Messung der Aktivierung von emotionstypischen Lokalisationen im Gehirn mittels fMRT kam im Hinblick auf das Paradigma der Studie nicht in Frage.

In der vorliegenden Studie wurden die Emotionen insgesamt sechsmal abgefragt. Unklar ist dabei, ob eine wiederholte Abfrage der Stimmung die Aufmerksamkeit auf diese beeinflusst und somit auch auf das Ergebnis einwirken könnte. Die Erhebung der Ausgangsstimmung vor der Filmpräsentation, die Beeinflussung durch den Film und die jeweilige Messung erschienen uns allerdings alternativlos. Man hätte jedoch die Sitzungen alle einzeln abhalten sowie die Messung der Olfaktometrie und der Schwelle getrennt voneinander ablaufen lassen können. Da dies jedoch einen erheblich größeren Aufwand von insgesamt fünf Terminen für den Probanden bedeutet und vor allem eine höhere Bereitschaft vorausgesetzt hätte, entschieden wir uns für die Messung innerhalb einer Sitzung, jeweils mit ca. 10-15 Minuten Pause zwischen den Messungen.

5.2.4 Ableitung olfaktorisch evozierter Potentiale

Die Ableitung von olfaktorisch induzierten Potentialen erfolgte an einem Olfaktometer, welches die Reize PEA und H₂S abgibt. Diese beiden Geruchsstoffe werden standardmäßig bei der Diagnostik von Patienten mit Störungen des Geruchssinnes verwendet und fungieren dabei als rein olfaktorische Geruchsstoffe. In der Literatur gibt es Hinweise, dass ein Geruchsstoff Emotionen auslösen kann (Storp, 1997; Schaal et al., 2013). Die eventuell emotionale Reaktion auf die Geruchsstoffe an sich war nicht Gegenstand der Studie und musste eher als unvermeidlicher Faktor angesehen werden. Um das Ausmaß dieses Effektes zu erfassen, sollten die Fragebögen nach der Ableitung der olfaktorisch induzierten Potentiale erneut ausgefüllt werden. Während der angenehme Duftstoff PEA angenehme Gefühle hervorrufen könnte, ist es denkbar, dass der unangenehme Reizstoff H₂S eher unangenehme Emotionen auslöst. Dadurch, dass die Düfte PEA und H₂S in einem festgelegten Rhythmus abwechselnd dargeboten wurden, konnte jedoch zumindest vermieden werden, dass ein Geruchsstoff dominierte.

Lediglich einen Duftstoff darzubieten (z.B. den angenehmen Duft PEA), kam aus verschiedenen Gründen nicht in Frage. So zeigten Doty et al. (1978) und Kobal & Hummel (1988), dass Anosmiker PEA nur vereinzelt oder gar nicht wahrnehmen können. Auch wenn Anosmiker an der vorliegenden Studie nicht teilnehmen durften, sind auch partielle Anosmien für einzelne Duftstoffe bei ansonsten normalem Riechvermögen bekannt (Amoore,

1991). Zur gesicherten Ableitung evozierter Potentiale ist also ratsam, wenigstens zwei Düfte darzubieten (Hummel et al., 2000).

Zum weiteren ergaben diverse Studien, dass angenehme Eindrücke und unangenehme Eindrücke in unterschiedlichen Stimmungslagen anders wahrgenommen und verarbeitet werden. So zeigten Becker & Leininger (2011), dass negative Eindrücke in trauriger Stimmungslage stärker wahrgenommen werden als in positiver Stimmung. Koster et al. zeigten bei depressiven Patienten in dysphorischer Stimmungslage eine verstärkte Wahrnehmung von negativen wie auch von positiven Eindrücken (Koster et al., 2010). Vor diesem Hintergrund war die Fragestellung interessant, inwieweit die Stimmungslage der Probanden einen Einfluss auf die Verarbeitung des angenehmen Duftes bzw. des unangenehmen Duftes hat.

5.3 Ausblick

Die vorliegende Arbeit versteht sich als Annäherung, das Phänomen zu verstehen, weshalb Menschen, die an einer Depression erkrankt sind, eine schlechtere Riechfunktion zeigen. Es wäre ebenfalls interessant, der Antwort auf die Frage näher zu kommen, ob bei anderen Erkrankungen, die mit dysregulierter Emotionalität einhergehen, ein ähnlicher Effekt vorliegt. Es gibt bereits Studien, die zeigen, dass Patienten mit einer PTSD, eine erhöhte olfaktorische Funktion aufweisen (Croy et al. 2010). Vor dem Hintergrund der Annahme, dass Patienten mit einer PTSD unter einer grundängstlichen Stimmung (Hyperarousel) leiden, wäre es z.B. relevant zu untersuchen, ob die Emotionalität auch in diesem Falle einen direkten Einfluss auf die olfaktorische Funktion ausübt. Man könnte z.B. untersuchen, ob gesunde Probanden eine Steigerung ihrer olfaktorischen Funktion aufweisen, wenn sie Angst empfinden. Da Angst eine eher flüchtige Emotion darstellt, die verstärkt mit dem Kontakt des auslösenden Reizes in Verbindung steht, müsste solch ein Experiment jedoch mittels eines anderen Paradigmas ablaufen - eventuell indem man die Emotionsinduktion und die Messung der olfaktorischen Funktion parallel ablaufen ließe. Während sich die vorliegende Studie auf die Geruchswahrnehmung unter Einfluss von Traurigkeit konzentrierte, wäre für zukünftige Studien ebenfalls die Fragestellung interessant, inwieweit auch andere Basisemotionen die olfaktorische Wahrnehmung beeinflussen. Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass Probanden in schlechter bzw. trauriger Stimmung eine längere Verarbeitungszeit für olfaktorische Reize benötigen. Gemäß unserer Schlussfolgerung, dass in diesem Zustand von einer schlechteren Auffassungsgabe auszugehen ist, könnte

untersucht werden, ob sich die olfaktorische Wahrnehmung unter positiver Stimmung verbessert.

6 Zusammenfassung

6.1 Zusammenfassung Deutsch

Zahlreiche Studien belegen, dass die olfaktorische Funktion bei psychiatrisch erkrankten Patienten beeinflusst ist. Dieses Phänomen zeigt sich insbesondere bei Patienten, die unter einer Depression leiden (Pause et al., 2003; Croy et al., 2013; Negoias et al., 2010). Zur Begründung gibt es bisher verschiedene Ansatzpunkte. Davon ausgehend, dass depressive Menschen unter einer traurigen und gedrückten Grundstimmung leiden, hatte die vorliegende Studie das Ziel, der Frage näher zu kommen, ob die Stimmung dabei einen direkten Einfluss auf die olfaktorische Funktion hat. Dafür sollte untersucht werden, ob induziert traurige Stimmung bei gesunden Probanden Veränderungen der Geruchsleistung bewirkt.

Es wurden 31 freiwillige gesunde Teilnehmer in die Studie eingeschlossen (24 Frauen und 7 Männer im Alter zwischen 20 und 54 Jahren, Mittelwert 27,4, SD 9,1). Ziel des Experimentes war, in einer Sitzung mittels Emotionsinduktion die Emotion Traurigkeit zu induzieren, in einer weiteren Sitzung sollten sich die Probanden möglichst in indifferenter Stimmungslage befinden. Die Emotionsinduktion wurde durchgeführt, indem bereits durch andere Studien validierte Filmausschnitte gezeigt wurden (Gross & Levenson, 1995; Fredrickson & Levenson 1998; Hewig et al. 2005). Nach Induktion von Traurigkeit und indifferenter Stimmung wurden olfaktorische evozierte Potentiale (mit den Reizen PEA und H₂S) abgeleitet und zusätzlich eine olfaktorische Schwellenmessung durchgeführt.

Es zeigte sich, dass sich die Teilnehmer in der Sitzung „Traurigkeit“ signifikant trauriger fühlten, als in der Kontrollsituation ($F[1,30]=120,5$, $p\leq 0,001$). Die Ergebnisse der olfaktorischen Funktion unter verschiedenen emotionalen Bedingungen wurden miteinander verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass die identischen Probanden unter Einfluss von trauriger Stimmung eine signifikant schlechtere olfaktorische Leistung aufwiesen. Die Latenzzeit der evozierten Potentiale präsentierte sich für die Komponenten N1 ($F[29,2]=38,5$, $p\leq 0,001$) und P2 ($F[29,2]=40,0$, $p\leq 0,001$) für beide Geruchsreize als verlängert. In der Amplitude von N1 zeigte sich eine verminderte Verarbeitungsintensität für den unangenehmen Reiz H₂S in trauriger Stimmung ($F[29,2]=4,68$, $p=0,031$). Die olfaktorische

Schwelle stellte sich durch die Emotionsinduktion als nicht verändert dar (T-Test: $p=0,59$). Da sich die Emotionalität während der Messung der Schwelle jedoch signifikant veränderte, indem sich die Traurigkeit deutlich reduzierte (T-Test: $p\leq 0,001$), fällt es schwer, das Ergebnis der Schwellenmessung als eindeutige Aussage zu formulieren.

Die Schlussfolgerung dieser Studie lautet, dass Menschen unabhängig von einer psychiatrischen Erkrankung in trauriger Stimmung eine veränderte olfaktorische Funktion aufweisen, indem sie für die Verarbeitung von Duftreizen längere Zeit benötigen als in indifferenter Stimmung. Zur Erklärung dieses Effekts gehen wir von einer generellen Aufmerksamkeitsverminderung in trauriger Stimmung aus.

6.2 Zusammenfassung Englisch (Summary)

It is well known that mental disorders can be accompanied by changes in the perception of odours. A reduced olfactory function is particularly prominent in patients suffering from depression (Pause et al., 2003; Croy et al., 2013; Negoias et al., 2010). Based on the assumption that those suffering from depression have a sad and gloomy prevailing mood, this study searches for an answer to the question of whether the mood of a person has a direct influence on olfactory function. Therefore, this study aims to investigate whether an induced sad mood in healthy subjects changes in the processing of olfactory information.

A total of 31 volunteers (24 women and 7 men aged between 20 and 54 years, mean 27.4, SD 9.1) were enrolled in the study. Sadness and indifferent mood were induced in the subjects in two randomized sessions. Mood induction was carried out by showing film clips that had been validated for this purpose (Gross & Levenson, 1995; Fredrickson & Levenson 1998; Hewig et al. 2005). The effects of emotion induction were recorded using a self-assessment scale. In each session, following the induction of sadness or an indifferent mood, chemosensory event-related potentials (CSERP) were recorded using the stimuli PEA and H₂S. After a repetition of mood induction, PEA odor thresholds were measured using the Sniffin' Sticks.

The results showed that the participants felt a significantly greater degree of sadness in the sadness compared to the control session ($F[1,30]=120.5$, $p\leq 0.001$). Comparison of olfactory function showed considerably changed olfactory performance in sad mood. CSERP latencies of N1 and P2 were prolonged (N1: $F[29,2]=38.5$, $p\leq 0.001$; P2: $F[29,2]=40.0$, $p\leq 0.001$) for

both olfactory stimuli. Furthermore sad mood lead to a decreased N1 amplitude for the unpleasant stimulus H₂S ($F[29,2]=4.68$, $p=0.031$). Odor thresholds appeared to be unchanged throughout mood induction (T-Test: $p=0.59$).

The current data indicate that, independent of mental disorder, people in a sad mood exhibit an altered olfactory function such that they require more time to process olfactory stimuli than when in an indifferent mood. We presuppose a general reduction of olfactory attentiveness when in a sad mood. The olfactory threshold appeared unchanged throughout mood induction. As the subjects' emotionality already had changed significantly during the measurement of the threshold towards reduced levels of sadness, it can be assumed that this negative result is due to the study design.

Overall, the results indicate that mood has a significant effect on the processing of olfactory information.

7 Literaturverzeichnis

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. 2000. Diagnostic Criteria from DSM-IV-TR. American Psychiatric Publishing.
- AMOORE JE. 1991. Specific anosmias. In: Getchell TV, Doty RL, Bartoshuk LM & Snow JBJ (Hrsg.) Smell and taste in health and disease. Raven Press, New York, 655–664.
- ANDERSON AK, CHRISTOFF K, STAPPEN I, PANITZ D, GHAREMANI DG, GLOVER G & SOBEL N. 2003. Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. *Nature Neuroscience*, 6(2), 196–202.
- ANDERSSON L, LUNDBERG C, ÅSTRÖM J & NORDIN S. 2011. Chemosensory attention, habituation and detection in women and men. *International Journal of Psychophysiology*, 79(2), 316–322.
- BECK AT, STEER RA & BROWN GK. 1996. Beck Depression Inventory, 2nd edn. Manual. San Antonio, The Psychological Corporation.
- BECK AT, WARD CH, MENDELSON M, MOCK J & ERBAUGH JK. 1961. An inventory for measuring depression. *Archives of general psychiatry*, 4(6), 561-571.
- BECKER MW & LEINENGER M. 2011. Attentional selection is biased toward mood-congruent stimuli. *Emotion*, 11(5), 1248.
- BERMOND B, NIEUWENHUYSEDR B, FASOTTI L & SCHUERMAN J. 1991. Spinal cord lesions, peripheral feedback, and intensities of emotional feelings. *Cognition and Emotion*, 5(3), 201–220.
- BELL, C. 1806. *Essays on the Anatomy of Expression in Painting*. Longman, Hurst, Rees, and Orme. 88.
- BIRBAUMER N & SCHMIDT RF. 2006. In *Biologische Psychologie*. 6. Auflage. Springer, Heidelberg, 75.
- BREWER D, DOUGHTIE EB & LUBIN B. 1980. Induction of mood and mood shift. *Journal of Clinical Psychology*, 36(1), 215–226.
- CANNON WB. 1927. The James-Lange Theory of Emotions: A critical examination and an alternative theory. *The American Journal of Psychology*, 39(1/4), 106.
- CAPELLE W. 1971. *Von den Sokratikern bis zur hellenistischen Philosophie.*: Bd 2. 3. Auflage. Walter de Gruyter, Berlin, 15-23.
- CHWALISZ K, DIENER E & GALLAGHER D. 1988. Autonomic arousal feedback and emotional experience: Evidence from the spinal cord injured. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(5), 820–828.
- COSGROVE GR & RAUCH SL. 2003. Stereotactic cingulotomy. *Neurosurgery Clinics of North America*, 14(2), 225–235.

- CROY I, MABOSHE W & HUMMEL T. 2013. Habituation effects of pleasant and unpleasant odors. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 88(1), 104–108.
- CROY I, SCHELLONG J, JORASCHKY P & HUMMEL T. 2010. PTSD, but not childhood maltreatment, modifies responses to unpleasant odors. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 75(3), 326–331.
- DAMASIO H, GRABOWSKI T, FRANK R, GALABURDA AM & DAMASIO AR. 1994. The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264(5162), 1102-1105.
- DARWIN C. 1874. *Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei dem Menschen und den Tieren, aus dem Englischen übersetzt von Carus V . 1.* E-book-Auflage, 2014. www.mach-mir-ein-e-book.de, Hamburg.
- DAVIDSON RJ, JACKSON DC & LARSON CL. 2000. Human Electroencephalography. In: Cacioppo JT, Tassinari LG, Berntson GG (Hrsg.) *Handbook of Psychophysiology*. 2. Auflage. Cambridge University Press, USA.
- DOTY RL, BRUGGER WE, JURIS PC, ORNDORFF MA, SNYDER PJ & LOWRY LD. 1978. Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans. *Physiology & Behavior*, 20(2), 175-185.
- DOTY RL, PHILIP S, REDDY K & KERR KL. 2003. Influences Of Antihypertensive And Antihyperlipidemic Drugs On The Senses Of Taste And Smell: A Review. *Journal Of Hypertension* (21), 1805-1813.
- DOTY RL, YOUSEM DM, PHAM LT, KRESHAK AA, GECKLE R & LEE WW. 1997. Olfactory dysfunction in patients with head trauma. *Archives of Neurology*, 54(9), 1131-1140.
- DOTY RL. 1984. Smell Identification Ability: Changes With Age. *Science* 21, 1441-1443.
- EKMAN P, FRIESEN WV, O'SULLIVAN M, CHAN A, DIACOYANNI- TARLATZIS I, HEIDER K, KRAUSE R, LECOMPTE WA, PITCAIRN T, RICCI-BITTI PE, SCHERER KR, TOMITA M & TZAVARAS A. 1987. Universals and cultural differences in the judgments of facial expressions of emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53(4), 712–717.
- EKMAN P, FRIESEN WV. 1969. The repertoire of nonverbal behavior categories, origins, usage, and coding, Bd. 1. *Semiotica*. 49-98.
- EKMAN P, LEVENSON RW & FRIESEN WV. 1983. Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science (New York)*, 221(4616), 1208–1210.
- EKMAN P, SORENSON ER & FRIESEN WV. 1969. Pan-Cultural Elements in Facial Displays of Emotion. *Science, New Series* 164(3875), 86–88.
- EKMAN P. 1971. Constants Across Cultures In The Face And Emotion. *Journal Of Personality And Social Psychology*, 17, 124-129.

- EKMAN P. 1982. Methods for measuring facial action. In: Scherer K, Ekman P (Hrsg.) Handbook Of Methods In Nonverbal Behaviour Research. New York: Cambridge University Press, 45–135.
- EKMAN P. 1999. Basic Emotions. In: Dalglish, T, Power, MJ (Hrsg.) Handbook of Cognition and Emotion. New York, NY, John Wiley & Sons Ltd., 45-60.
- EKMAN P. 2010. Gefühle lesen: Wie Sie Emotionen erkennen und richtig interpretieren. 2. Auflage, aus dem Englischen übersetzt von Kuhlmann-Krieg S, Reiss, M. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- FREDRICKSON BL & LEVENSON RW. 1998. Positive emotions speed recovery from the cardiovascular sequelae of negative emotions. *Cognition & Emotion*, 12(2), 191-220.
- GASPER K. 2003. When necessity is the mother of invention: Mood and problem solving. *Journal of Experimental Social Psychology*, 39(3), 248–262.
- GOSCHKE T. 2012. Theorien der Emotionsgenese I - Motivation, Emotion, Volition. Skript, Dresden. [Aufgerufen am 17.11.2014]. URL: http://tudresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_mathematik_und_naturwissenschaften/fachrichtung_psychologie/i1/allgpsy/lehre/lehreveranstaltungen/goschke_lehr_e/ws_2013/vl_motivation/VL%20Emotion%201.pdf.
- GOTTFRIED JA. 2006. Smell: Central Nervous Processing, In: Hummel T, Welge-Lüssen A (Hrsg.) Taste and Smell. An Update. *Adv Otorhinolaryngol*, Karger, Basel, 44-69.
- GROSS JJ & LEVENSON RW. 1995. Emotion elicitation using films. *Cognition & Emotion*, 9(1), 87-108.
- HEWIG J, HAGEMANN D, SEIFERT J, GOLLWITZER M, NAUMANN E & BARTUSSEK D. 2005. Brief report. *Cognition & Emotion*, 19(7), 1095-1109.
- HOFMANN, FH. 2010. Kreativität und Krise: Zum Zusammenhang von Psychischer Beeinträchtigung und Kreativität. Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Dissertation.
- HOHMANN, GW. 1966. Some Effects of Spinal Cord Lesions on Experienced Emotional Feelings. *Psychophysiology*, 3(2), 143–156.
- HUDRY J, RYVLIN P, ROYET JP & MAUGUIÈRE F. 2001. Odorants Elicit Evoked Potentials in the Human Amygdala. *Cerebral Cortex*, 11(7), 619–627.
- HUMMEL T, KLIMEK L, WELGE-LÜSSEN A, WOLFENSBERGER G, GUDZIOL H, RENNER B & KOBAL G. 2000. Chemosensorisch evozierte Potentiale zur klinischen Diagnostik von Riechstörungen. *HNO*, 48(6), 481–485.
- HUMMEL T, KOBAL G, GUDZIOL H & MACKAY-SIM A. 2007. Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 264, 237-243.
- HUMMEL T, KOBAL G. 2002. Olfactory Event-Related Potentials. In: Simon S, Nicoletis M (Hrsg.) *Methods in Chemosensory Research*. CRC Press, Boca Raton, 430-454.

- HUMMEL T, SEKINGER B, WOLF SR, PAULI E & KOBAL G. 1997. 'Sniffin' Sticks' Olfactory Performance Assessed by the Combined Testing of Odor Identification, Odor Discrimination and Olfactory Threshold. *Chemical Senses*, 22(1), 39–52.
- ICD. DIMDI-ICD-10-GM. Die internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD), im Englischen: International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. [Aufgerufen am 01.10.2014] URL: <https://www.dimdi.de/static/de/klassi/icd-10-gm/>.
- ISEN AM. 2001. An Influence of Positive Affect on Decision Making in Complex Situations: Theoretical Issues With Practical Implications. *Journal of Consumer Psychology*, 11(2), 75–85.
- IZARD CE. 1977. *Human emotions*. Plenum Press, New York.
- JAMES W. 1884. What is an Emotion? *Mind*, (34), 188–205.
- JASPERS K. 1913. *Allgemeine Psychopathologie. Ein Leitfadens für Studierende, Ärzte und Psychologen*. J. Springer, Berlin. 273.
- KOBAL G & HUMMEL C. 1988. Cerebral Chemosensory Evoked Potentials Elicited By Chemical Stimulation Of The Human Olfactory And Respiratory Nasal Mucosa. *Electroenceph Clin Neurophysiol*, (71), 241-50.
- KOBAL G & HUMMEL T. 1996. "Sniffin' Sticks": Screening Of Olfactory Performance. *Rhinology*, 34(4):222-6.
- KOBAL G, KLIMEK L, WOLFENSBERGER M, GUDZIOL H, TEMMEL A, OWEN CM, SEEBER H, PAULI E & HUMMEL T. 2000. Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 257, 205-211.
- KOBAL G. 1981. *Elektrophysiologische Untersuchungen des menschlichen Geruchssinns*. Thieme, Stuttgart.
- KOBAL G. 1985. Pain-Related Electrical Potentials Of The Human Nasal Mucosa Elicited By Chemical Stimulation. *Pain* (22), 151-163.
- KOSTER EHW, DE RAEDT R, LEYMAN L & DE LISSNYDER E. 2010. Mood-congruent attention and memory bias in dysphoria: exploring the coherence among information-processing biases. *Behaviour Research and Therapy*, 48(3), 219-225.
- KÜHNER PDC, BÜRGER C, KELLER F & HAUTZINGER M. 2007. Reliabilität und Validität des revidierten Beck-Depressionsinventars (BDI-II). *Der Nervenarzt*, 78(6), 651-656.
- LABAR KS, LEDOUX JE, SPENCER DD & PHELPS EA. 1995. Impaired fear conditioning following unilateral temporal lobectomy in humans. *The Journal of Neuroscience*, 15(10), 6846–6855.
- LANDIS BN, KONNERTH CG & HUMMEL T. 2004. A study on the frequency of olfactory dysfunction. *Laryngoscope*, 114, 1764-1769.

- LANG PJ, BRADLEY MM & CUTHBERT BN. 2005. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. NIMH, Center for the Study of Emotion & Attention.
- LANG PJ. 1985. The cognitive psychophysiology of emotion: Fear and anxiety. In: Tuma AH, Maser JD (Hrsg.) Anxiety and the anxiety disorders. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, 131–170.
- LANGE CG. 2012. Über Gemütsbewegungen: Eine psycho-physiologische Studie (1887). Übersetzt von Kurella H. Unikum, Barsinghausen.
- LAUX G. 2009. In: Möller HJ, Laux G, Deister A, Braun-Scharm H, Eigner S (Hrsg.) Psychiatrie und Psychotherapie: 297 Abbildungen, 241 Tabellen. Thieme, Stuttgart.
- LIVERMORE A & HUMMEL T. 2004. The influence of training on chemosensory event-related potentials and interactions between the olfactory and trigeminal systems. *Chemical senses*, 29(1), 41-51.
- LOMBION-POUTHIER S, VANDEL P, NEZELOF S, HAFFEN E & MILLOT JL. 2006. Odor perception in patients with mood disorders. *Journal of Affective Disorders*, 90(2-3), 187–191.
- LÖTSCH J, LANGE C & HUMMEL T. 2004. A simple and reliable method for clinical assessment of odor thresholds. *Chem. Senses* (29), 311-317.
- LYONS W. 1999. The philosophy of cognition and emotion. In: Dalgleish T, Power M (Hrsg.) *Handbook of Cognition and Emotion*. John Wiley & Sons, Chichester, 21-44.
- MASUHR KF & NEUMANN M. 2007. In *Neurologie*. Thieme, Stuttgart, S.196.
- MEAD M. 1975. The appalling State of the Human Sciences: Review of Darwin and Facial Expression. *Journal of Communications*, (25), 210.
- MERTEN J. 2003. *Einführung in die Emotionspsychologie*. Kohlhammer, Stuttgart.
- MORRIS JD. 1995. Observations: SAM: The self-assessment manikin An efficient cross-cultural measurement of emotional response. *Journal of advertising research*, 35(6), 63-68.
- MURPHY C, DOTY RL & DUNCAN HJ. 2003. Clinical Disorders Of Olfaction. In: Doty RL (Hrsg.) *Handbook Of Olfaction And Gustation*. New York, Deckker, 756.
- NEGOIAS S, CROY I, GERBER J, PUSCHMANN S, PETROWSKI K, JORASCHKY P & HUMMEL T. 2010. Reduced olfactory bulb volume and olfactory sensitivity in patients with acute major depression. *Neuroscience*, 169(1), 415–421.
- NISBETT RE & WILSON TD. 1977. Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84(3), 231–259.
- ORNE MT. 1962. On the social psychology of the psychological experiment: With particular reference to demand characteristics and their implications. *American psychologist*, 17(11), 776.

- OTTO T, COUSENS G & HERZOG C. 2000. Behavioral and neuropsychological foundations of olfactory fear conditioning. *Behavioural Brain Research*, 110(1–2), 119–128.
- PAUSE BM, MIRANDA A, GÖDER R, ALDENHOFF JB & FERSTL R. 2001. Reduced olfactory performance in patients with major depression. *Journal of Psychiatric Research*, 35(5), 271–277.
- PAUSE BM, RAACK N, SOJKA B, GÖDER R, ALDENHOFF JB & FERSTL R. 2003. Convergent and divergent effects of odors and emotions in depression. *Psychophysiology*, 40(2), 209–225.
- PAUSE BM, SOJKA B, KRAUEL K & FERSTL R. 1996. The nature of the late positive complex within the olfactory event-related potential (OERP). *Psychophysiology*, 33(4), 376–384.
- PAUSE BM. 2004. Über den Zusammenhang von Geruch und Emotion und deren Bedeutung für klinisch-psychologische Störungen des Affektes. Pabst Science Publishers, Lengerich.
- PERLER D. 2006. René Descartes. Beck, München, S. 224-225.
- PHELPS E. 2004. Human emotion and memory: interactions of the amygdala and hippocampal complex. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(2), 198–202.
- REUSCHENBACH B. 2002. Skript zum Seminar Emotionspsychologie, Kapitel 10: Emotionsinduktion, Psychologisches Institut Heidelberg. [Aufgerufen am 10.09.2014] URL: <http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/lehre/emotio/emotio2002/>.
- ROMBAUX P, MOURAUX A, BERTRAND B, GUERIT JM & HUMMEL T. 2006. Assessment of olfactory and trigeminal function using chemosensory event-related potentials. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 36(2), 53-62.
- RÜEGG JC. 2007. Gehirn, Psyche und Körper: Neurobiologie von Psychosomatik und Psychotherapie 4. Auflage. Schattauer, Stuttgart, S. 76.
- RUPP CI, KURZ M, KEMMLER G, MAIR D, HAUSMANN A, HINTERHUBER H & FLEISCHHACKER WW. 2003. Reduced olfactory sensitivity, discrimination, and identification in patients with alcohol dependence. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 27(3), 432-439.
- S3-LEITLINIE/NVL UNIPOLARE DEPRESSION. 2009. [Aufgerufen am 08.09.2014] URL: <http://www.depression-leitlinien.de/microsite/7964.php>
- SCHAAL B, FERDENZI C, WATHELET O. 2013. Les liens entre les odeurs et les émotions: contributions à une question transdisciplinaire. In: Schaal B, Ferdenzi C, Wathelet O. (Hrsg.) *Olfaction et émotions: Le nez a ses raisons...* Editions Universitaires de Dijon, Dijon. 5-32.
- SCHACHTER S & SINGER J. 1962. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69(5), 379–399.

- SCHÜNKE M, SCHULTE E & SCHUMACHER U. 2006. In Prometheus Lernatlas der Anatomie. Kopf und Neuroanatomie. 1. Auflage. Thieme, Stuttgart.
- SCHWARTZ GE, FAIR PL, SALT P, MANDEL MR & KLERMAN GL. 1976. Facial expression and imagery in depression: An electromyographic study. *Psychosomatic Medicine*, 38(5), 337-347.
- STORP F. 1997. Geruch & Gefühl: eine empirische Studie über den Einfluß von olfaktorischen Reizen auf Emotionen. Drom Fragrances International, Baierbrunn. 52-60.
- SUTHERLAND G, NEWMAN B & RACHMAN S. 1982. Experimental investigations of the relations between mood and intrusive unwanted cognitions. *British Journal of Medical Psychology*, 55(2), 127-138.
- THOMAS HJ, FRIES W & DISTEL H. 2002. Bewertung von Geruchsreizen bei depressiv Erkrankten. *Der Nervenarzt*, 73(1), 71–77.
- TOMKINS S. 1962. Affect imagery consciousness: Volume I: The positive affects. Springer publishing company.
- TREPEL MT. 2003. In Neuroanatomie. Struktur und Funktion. Taschenbuch. 3. Auflage. Urban & Fischer/Elsevier, München.
- WELTÄRZTEBUND. 2008. WMA Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, Seoul.
- WESTERMANN R, SPIES C, STAHL G & HESSE FW. 1996. Relative Effectiveness And Validity Of Mood Induction Procedures: A Meta-Analysis. *European Journal Of Social Psychology* (26), 557-580.
- WINSTON JS, GOTTFRIED JA, KILNER JM & DOLAN RJ. 2005. Integrated Neural Representations of Odor Intensity and Affective Valence in Human Amygdala. *The Journal of Neuroscience*, 25(39), 8903–8907.
- WITT M & HANSEN A. 2008. Strukturelle und funktionelle Grundlagen des Riechens. In: Hummel T, Welge-Lüssen A (Hrsg.) Riech- und Schmeckstörungen: Physiologie, Pathophysiologie und therapeutische Ansätze. 1. Auflage. Thieme, Stuttgart.
- WITTCHEN HU, ZAUDIG M & FYDRICH T. 1997. Strukturiertes Klinisches Interview Für DSM-IV. Achse I Und II. Hogrefe, Göttingen.
- ZALD DH. 2003. The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli. *Brain Research Reviews*, 41(1), 88–123.

8 Anhang

Datum:

Probandennummer:

Bestehen oder bestanden folgende **Krankheitsbilder**? nein

ja, folgende

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Unfall mit Kopfbeteiligung | <input type="checkbox"/> häufige Nasennebenhöhlenentzündungen |
| <input type="checkbox"/> Heuschnupfen | <input type="checkbox"/> Kopfschmerzen |
| <input type="checkbox"/> verschleimter Rachen | <input type="checkbox"/> Nerven- / Hirnerkrankung |
| <input type="checkbox"/> Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus) | <input type="checkbox"/> Nierenerkrankung |
| <input type="checkbox"/> Andere (welche) | <input type="checkbox"/> häufige Erkältungen/Grippe/Schnupfen |
| <input type="checkbox"/> Nasenpolypen | <input type="checkbox"/> behinderte Nasenatmung |
| <input type="checkbox"/> Nasenlaufen | <input type="checkbox"/> Schnarchen Gelbsucht/Leberentzündung |
| <input type="checkbox"/> Schilddrüsen über funktion | <input type="checkbox"/> Schilddrüsen unter funktion |
| <input type="checkbox"/> Andere (welche?) | |

Welche **Medikamente** nehmen Sie regelmäßig ein, bzw. haben Sie in zeitliche Nähe zum Versuch eingenommen?

Sind Sie bereits im **Kopfbereich operiert** worden? nein

ja, an

- Nasennebenhöhlen wann ?
- Nasenscheidewand wann ?
- Nasenmuscheln wann ?
- Gaumenmandeln wann ?
- Rachenmandel ("Polypen") wann ?
- Mittelohr rechts links wann ?
- größere Zahnoperation wann ?
- andere Operationen.....

Trinken Sie **Alkohol**? ja nein gelegentlich regelmäßig

Rauchen Sie? nein, noch nie nein, nicht mehr seit Jahren Ja, seit Jahren

Sind Sie Chemikalien / Stäuben / Gasen besonders ausgesetzt bzw. ausgesetzt gewesen?

nein, noch nie ja, gegenüber was ?

Einschätzung Ihrer Sinneswahrnehmung

Wie beurteilen Sie Ihr **Riechvermögen** im Vergleich zu anderen?

- sehr gut
- deutlich besser
- etwas besser
- normal
- etwas schlechter
- deutlich schlechter
- sehr schlecht
- keine Riechwahrnehmung

Wie beurteilen Sie Ihr **Schmeckvermögen** im Vergleich zu anderen?

- sehr gut
- deutlich besser
- etwas besser
- normal
- etwas schlechter
- deutlich schlechter
- sehr schlecht
- keine Geschmackswahrnehmung

Abbildung 22 Fragebogen Geruchsanamnese

	Minimum	Maximum	M	SD	SE
Alter	20	54	27,35	9,06	1,63
SDI-Gesamtwert	31,5	42,0	36,4	2,48	0,45
Geruchsschwelle	4,5	12,0	7,6	1,67	0,30
Diskriminierungs- Fähigkeit	12	16	14,39	0,92	0,17
Identifikationsfähigkeit	13	16	14,39	0,96	0,17
SKID (strukturiertes) Klinisches Interview	12	12	12,0	0,0	0,0
BDI-II (Depressionsinventar)	0	11	4,06	2,97	0,53

Tabelle 5 Ergebnisse Screening

M=Mittelwert, SD=Standardabweichung, SE=Standardfehler Mittelwert

Experiment OEP									
	Vor Filmdarbietung			Nach Filmdarbietung			Nach Messung OEP		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Freude	4,19	2,19	0,40	2,90	1,58	0,28	2,42	1,86	0,33
Überraschung	1,94	2,37	0,43	1,16	1,51	0,27	0,94	1,37	0,25
Ekel	0,29	0,78	0,78	0,1	0,30	0,05	0,97	1,35	0,24
Ärger	0,32	0,60	0,11	0,32	0,70	0,13	0,23	0,43	0,08
Angst	0,13	0,34	0,06	0,03	0,18	0,03	0,0	0,0	0,0
Traurigkeit	0,61	1,20	0,22	0,65	1,08	0,19	0,52	0,96	0,17
Experiment Schwellentestung									
	Vor Filmdarbietung			Nach Filmdarbietung			Nach Schwellentestung		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Freude	3,42	2,21	0,40	2,55	1,52	0,27	2,74	1,77	0,32
Überraschung	1,10	1,40	0,25	0,61	0,99	0,18	0,94	1,69	0,30
Ekel	0,42	1,06	0,19	0,13	0,34	0,06	0,16	0,58	0,11
Ärger	0,19	0,4	0,72	0,29	0,53	0,10	0,39	0,99	0,18
Angst	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Traurigkeit	0,42	0,81	0,15	0,84	1,32	0,24	0,52	0,89	0,16

Tabelle 6: Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Kontrolle“: Basisemotionen
M=Mittelwert SD=Standardabweichung SE=Standardfehler Mittelwert

Experiment OEP									
	SAM vor Filmdarbietung			SAM nach Filmdarbietung			SAM nach Messung OEP		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Positiv/negativ	2,29	0,64	0,12	2,87	0,56	0,1	2,81	0,54	0,1
Intensität	3,52	0,96	0,17	3,94	0,72	0,12	3,9	0,91	0,16
Beeinflussung	2,39	0,92	0,17	2,06	0,85	0,15	1,97	0,75	0,14
Experiment Schwellentestung									
	SAM vor Filmdarbietung			SAM nach Filmdarbietung			SAM nach Schwellentestung		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Positiv/negativ	2,65	0,49	0,09	2,81	0,48	0,09	2,68	0,65	0,12
Intensität	4,03	0,84	0,15	3,94	0,81	0,15	3,84	1,0	0,18
Beeinflussung	1,97	0,84	0,15	2,03	0,84	0,15	2,00	0,89	0,16

Tabelle 7 Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Kontrolle“ : SAM
M=Mittelwert SD=Standardabweichung SE=Standardfehler Mittelwert

Experiment OEP									
	Vor Filmdarbietung			Nach Filmdarbietung			Nach Messung OEP		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Freude	3,87	2,25	0,40	1,39	1,56	0,28	1,16	1,37	0,24
Überraschung	1,77	2,26	0,41	1,42	1,52	0,27	0,71	1,37	0,25
Ekel	0,13	0,56	0,10	0,19	0,48	0,09	1,10	1,47	0,26
Ärger	0,48	1,29	0,29	0,94	1,63	0,29	0,97	1,49	0,27
Angst	0,58	1,77	0,32	0,81	1,40	0,25	0,58	1,09	0,20
Traurigkeit	1,0	1,41	0,25	5,26	2,13	0,28	4,65	2,15	0,39
Experiment Schwellentestung									
	Vor Filmdarbietung			Nach Filmdarbietung			Nach Schwellentestung		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Freude	2,00	1,98	0,36	0,90	1,25	0,22	1,68	1,51	0,27
Überraschung	0,55	1,06	0,19	0,42	0,67	0,12	0,74	1,18	0,21
Ekel	0,42	0,89	0,16	0,16	0,52	0,09	0,16	0,58	0,11
Ärger	0,55	1,00	0,18	0,77	1,33	0,24	0,48	1,24	0,22
Angst	0,55	1,52	0,27	0,84	1,51	0,27	0,42	1,15	0,21
Traurigkeit	2,68	2,15	0,39	5,68	2,17	0,39	3,13	1,88	0,34

Tabelle 8 Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Traurigkeit“: Basisemotionen
M=Mittelwert SD=Standardabweichung SE=Standardfehler Mittelwert

Experiment OEP									
	SAM vor Filmdarbietung			SAM nach Filmdarbietung			SAM nach Messung OEP		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Positiv/negativ	2,42	0,72	0,13	3,87	0,56	0,10	3,84	0,69	0,12
Intensität	3,90	0,79	0,14	3,00	0,82	0,15	3,03	0,98	0,18
Beeinflussung	2,13	0,72	0,13	2,77	0,81	0,15	2,61	0,88	0,16
Experiment Schwellentestung									
	SAM vor Filmdarbietung			SAM nach Filmdarbietung			SAM nach Schwellentestung		
	M	SD	SE	M	SD	SE	M	SD	SE
Positiv/negativ	3,06	0,63	0,11	4,00	0,45	0,08	3,29	0,78	0,14
Intensität	3,71	0,86	0,16	3,13	0,92	0,17	3,68	1,05	1,9
Beeinflussung	2,06	0,93	0,17	2,71	0,94	0,17	2,26	0,97	0,17

Tabelle 9 Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Traurigkeit“: SAM
M=Mittelwert SD=Standardabweichung SE=Standardfehler Mittelwert

Experiment OEP			
	Freiheitsgrade	F-Wert	Signifikanz
Freude ↓	[1,30]	16,14	$p \leq 0,001$
Überraschung →	[1,30]	0,22	$p = 0,88$
Ekel →	[1,30]	0,05	$p = 0,83$
Ärger ↑	[1,30]	7,93	$p = 0,01$
Angst ↑	[1,30]	8,60	$p = 0,006$
Traurigkeit ↑	[1,30]	120,45	$p \leq 0,001$
SAM positiv/negativ ↓	[1,30]	85,55	$p \leq 0,001$
SAM Intensität ↑	[1,30]	16,21	$p \leq 0,001$
Sam Beeinflussung ↑	[1,30]	20,45	$p \leq 0,001$
Experiment Schwellentestung			
	Freiheitsgrade	F-Wert	Signifikanz
Freude ↓	[1,30]	31,12	$p \leq 0,001$
Überraschung →	[1,30]	2,93	$p = 0,1$
Ekel →	[1,30]	0,01	$p = 0,93$
Ärger →	[1,30]	2,5	$p = 0,13$
Angst ↑	[1,30]	6,61	$p = 0,02$
Traurigkeit ↑	[1,30]	107,66	$p \leq 0,001$
SAM positiv/negativ ↓	[1,30]	75,02	$p \leq 0,001$
SAM Intensität ↑	[1,30]	5,90	$p = 0,02$
Beeinflussung ↑	[1,30]	23,06	$p \leq 0,001$

Tabelle 10 Vergleich der Emotionalität von Basisemotionen und SAM zwischen Sitzung „Kontrolle“ und Sitzung „Traurigkeit“ ↑: verstärkt ↓: vermindert →: kein Unterschied

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Übersicht der Riechbahn nach Schünke et al., 2006.....	14
Abbildung 2 Testpalette der Sniffin' Sticks.....	20
Abbildung 3 Das Olfaktometer Typ OM2S der Firma Burghart	25
Abbildung 4 Probandin während der Versuchsdurchführung	26
Abbildung 5 Schematische Darstellung von der Funktionsweise des Olfaktometers nach dem Prinzip von Kobal (1981)	28
Abbildung 6 Olfaktorisch evoziertes Potential eines Probanden als Beispiel an der Elektrode CZ.....	30
Abbildung 7 Self Assessment Manikin (SAM)	33
Abbildung 8 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf der Basisemotionen.....	37
Abbildung 9 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf der Basisemotionen.....	37
Abbildung 10 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf SAM	37
Abbildung 11 Sitzung „Kontrolle“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf SAM	37
Abbildung 12 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf der Basisemotionen.....	39
Abbildung 13 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf der Basisemotionen	39
Abbildung 14 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 1 im Kontext mit Olfaktometrie: Verlauf SAM	39
Abbildung 15 Sitzung „Traurigkeit“ Filmdarbietung 2 im Kontext mit Schwellenmessung: Verlauf SAM	39
Abbildung 16 Vergleich Traurigkeit zwischen Sitzung „Kontrolle“ und „Traurigkeit“ Filmdarbietung 1	41
Abbildung 17 Vergleich Traurigkeit zwischen Sitzung „Kontrolle“ und „Traurigkeit“ Filmdarbietung 2	41
Abbildung 18 Latenzzeiten für H2S und PEA unter verschiedenen emotionalen Bedingungen	42

Abbildung 19 Amplituden für H ₂ S und PEA unter verschiedenen emotionalen Bedingungen	43
Abbildung 20 Olfaktorisch evozierte Potentiale (gemittelt) unter verschiedenen emotionalen Bedingungen am Beispiel der Elektrode FZ	44
Abbildung 21 Olfaktorische Schwelle unter verschiedenen emotionalen Bedingungen.....	45
Abbildung 22 Fragebogen Geruchsanamnese	66

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Versuchsablauf	18
Tabelle 2 Beispiel Geruchsschwellenmessung	22
Tabelle 3 Ergebnisse olfaktorisch induzierte Potenziale für die Reize PEA und H ₂ S unter verschiedenen emotionalen Bedingungen	44
Tabelle 4 Ergebnis olfaktorische Schwelle.....	45
Tabelle 5 Ergebnisse Screening.....	67
Tabelle 6: Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Kontrolle“: Basisemotionen	68
Tabelle 7 Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Kontrolle“ : SAM.....	69
Tabelle 8 Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Traurigkeit“: Basisemotionen.....	70
Tabelle 9 Ergebnisse Emotionsinduktion Sitzung „Traurigkeit“: SAM	71
Tabelle 10 Vergleich der Emotionalität von Basisemotionen und SAM zwischen Sitzung „Kontrolle“ und Sitzung „Traurigkeit“.....	72

11 Abkürzungsverzeichnis

BDI Beck-Depressions-Inventar

EEG Elektroenzephalografie

fMRT funktionelle Magnetresonanztomografie

H₂S Schwefelwasserstoff

Hz Hertz

LOT Tractus olfactorius lateralis

M Mittelwert

OEP Olfaktorisch evoziertes Potential

OFK Orbitofrontale Kortex

PEA Phenylethylalkohol

SAM Self-Assessment Manikin

SD Standardabweichung

SE Standardfehler des Mittelwertes

SKID Strukturiertes klinisches Interview für DSM-IV

