



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Die Verbindung zwischen der emotionalen Valenz von Gerüchen
und Reaktionen des autonomen Nervensystems nach olfaktorischer
Stimulation

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Pharmazie (Mag.pharm.)

Verfasserin / Verfasser:	Sophie Obhlidal
Studienrichtung /Studienzweig (lt. Studienblatt):	A449 Diplomstudium Pharmazie
Betreuerin / Betreuer:	Univ.-Prof. i.R. Mag. Dr. Gerhard Buchbauer

Wien, im Dezember 2010

Danksagung

Lehrer, Tutoren, Freunde und Familie!

Ihr alle habt mir bei der Erstellung meiner Diplomarbeit geholfen und mich unterstützt. An dieser Stelle möchte ich Euch von ganzem Herzen dafür danken.

Meinem Diplomarbeitsbetreuer und -begutachter Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Buchbauer möchte ich vielen herzlichen Dank für die kompetente Betreuung und die wertvolle Hilfestellung aussprechen!

Mag. Dr. Eva Heuberger als Mentorin und Tutorin, die mir laufend geholfen und mich grundlegend unterstützt hat, ein ganz großes Danke! Ohne Dich wäre die Arbeit nicht möglich gewesen.

Mag. Sandra Weber: Für Deine Mitarbeit und laufende Hilfestellung auch Dir ein ganz herzliches Danke!

Mag. Lilly Lingg: Vielen lieben Dank für unsere Zusammenarbeit und Deine Kooperation!

Ein großes Danke an alle meine lieben Freunde, die mich immer wieder unterstützt und aufgebaut haben, wenn ich unsicher oder verzweifelt war, allen voran Mag. Gundula Riedl: Du warst mir eine Stütze während der gesamten Arbeit, sowohl in fachlichen als auch persönlichen Fragen, Dir ein großes Danke!

Mag. Hans Mair: Vielen Dank für die unendliche Geduld und die Möglichkeit, meinen zukünftigen Beruf schon jetzt kennen lernen zu dürfen!

Und last, but not least: Ein tiefempfundenes Danke an meine Familie und ganz besonders an meine Eltern, die mir mein Studium ermöglicht haben und immer hinter mir gestanden sind: Ohne Euch hätte ich nie das erreicht, was ich jetzt in Händen halte.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	8
2	Abstract	9
3	Allgemeiner Teil	10
3.1	Einleitung	10
3.2	Geruchsmoleküle	10
3.3	Funktion des Geruchssinnes	11
3.4	Aufbau des Riechorganes	13
3.5	Psychophysiologie	15
3.6	Psychophysiologische Parameter	16
3.6.1	Hauttemperatur	16
3.6.2	Hautleitfähigkeit	17
3.6.3	Atemfrequenz	18
3.6.4	Elektromyographie	19
3.6.5	Lidschlagfrequenz	20
3.6.6	Herzschlagfrequenz	20
3.6.7	Herzratenvariabilität	21
3.7	Stadtgerüche	21
3.8	Ziel der vorliegenden Untersuchung	22
4	Experimenteller Teil	23
4.1	Allgemeiner Versuchsaufbau	23
4.2	Vorbedingungen	23
4.2.1	Verwendete Software, Geräte und Materialien	23
4.2.2	Verwendete Gerüche	24
4.2.3	Auswahl der Probanden	25
4.2.4	Physiologische Parameter	26
4.2.4.1	Hauttemperatur	26
4.2.4.2	Hautleitfähigkeit	26
4.2.4.3	Atemfrequenz	27
4.2.4.4	Frequenz des Lidschlages	27
4.2.4.5	Aktivität der Unterarmmuskulatur	27
4.2.4.6	Frequenz des Herzschlages	28
4.2.5	Beschreibung des Fragebogens	28
4.3	Versuchspersonen	29
4.4	Voruntersuchung	30
4.4.1	Ablauf und Ziel	30

4.4.1.1	Diskriminationstest	30
4.4.1.2	Identifikationstest.....	31
4.4.2	Auswertung der Voruntersuchung	31
4.5	Hauptuntersuchung	32
4.5.1	Beschreibung der Räumlichkeiten	32
4.5.2	Ablauf der Hauptuntersuchung	32
4.6	Datenbearbeitung.....	34
4.6.1	Physiologische Parameter	34
4.6.1.1	Hauttemperatur	34
4.6.1.2	Hautleitfähigkeit.....	34
4.6.1.3	Atemfrequenz	35
4.6.1.4	Frequenz des Lidschlages	35
4.6.1.5	Aktivität der Unterarmmuskulatur	35
4.6.1.6	Frequenz des Herzschlages	36
4.6.1.7	Variabilität der Frequenz des Herzschlages	36
4.7	Fragebogenauswertung	36
4.8	Statistische Auswertung.....	37
5	Ergebnisse	39
5.1	Physiologische Parameter	39
5.1.1	Hauttemperatur	39
5.1.2	Hautleitfähigkeit	40
5.1.3	Atemfrequenz.....	42
5.1.4	Frequenz des Lidschlages	44
5.1.5	Aktivität der Unterarmmuskulatur	45
5.1.6	Frequenz des Herzschlages	46
5.1.7	Variabilität der Frequenz des Herzschlages	47
5.2	Fragebogen	48
5.2.1	Assoziation der Gerüche mit den Basisemotionen.....	48
5.2.2	Valenz	49
5.2.3	Intensität.....	51
5.2.4	Bekanntheit	53
5.2.5	Düfte: Beschreibungen und Assoziationen.....	55
5.2.5.1	„Feuchte Luft“	55
5.2.5.2	„Synthetischer Kaffee“	56
5.2.5.3	„Jasmin“	56
5.2.5.4	„Computer“	57
5.2.5.5	„Urin“	58
5.2.5.6	„Weihrauch“	59
5.2.5.7	„Wasser“	60

5.2.6	Emotionale Erinnerung	60
5.2.6.1	„Feuchte Luft“	60
5.2.6.2	„Synthetischer Kaffee“	61
5.2.6.3	„Jasmin“	62
5.2.6.4	„Computer“	64
5.2.6.5	„Urin“	64
5.2.6.6	„Weihrauch“	65
5.2.6.7	„Wasser“	65
6	Diskussion	67
7	Literaturverzeichnis	70
8	Abbildungsverzeichnis	74
9	Tabellenverzeichnis	75
10	Anhang	76
10.1	Anhang 1: Fragebogen	76
10.2	Anhang 2: Datenblatt der Voruntersuchung	79
10.3	Anhang 3: Beispiel der randomisierten Applikation der Gerüche einer Versuchsperson	80
11	Lebenslauf	81

1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Entstehung der sechs Basisemotionen – Angst, Überraschung, Freude, Wut, Ekel und Trauer – nach Stimulation durch ausgewählte Düfte anhand von Reaktionen des autonomen Nervensystems untersucht. Die subjektiven Assoziationen und emotionalen Erinnerungen der Probanden zu den einzelnen Düften sowie die Bewertung der ausgelösten Basisemotionen, deren Valenz, Intensität und Bekanntheit wurden in einem Fragebogen erhoben.

Je 15 weibliche und männliche gesunde, nicht rauchende Versuchspersonen im Alter von 20 bis 34 Jahren, deren Riechvermögen in einer Voruntersuchung mit Hilfe eines standardisierten Verfahrens getestet worden war, nahmen freiwillig an der Untersuchung teil. In der Hauptuntersuchung wurden den Versuchspersonen die Duftstimuli „Feuchte Luft“ (Angst), „Synthetischer Kaffee“ (Überraschung), „Jasmin“ (Freude), „Computer“ (Wut), „Urin“ (Ekel) und „Weihrauch“ (Trauer) insgesamt fünf Mal in randomisierter Reihenfolge mit Hilfe von Papierstreifen präsentiert, als Kontrolle diente „Wasser“. Die physiologischen Kennwerte: Hauttemperatur, Hautleitfähigkeit, Atemfrequenz, Aktivität der Unterarmmuskulatur, Lidschlagfrequenz, Herzschlagfrequenz und Variabilität der Herzschlagfrequenz wurden kontinuierlich aufgezeichnet. Im Anschluss an die Messung wurde die subjektive Bewertung der einzelnen Düfte mit Hilfe des Fragebogens festgehalten. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse für wiederholte Messungen, gefolgt von paarweisen, post hoc berechneten Mittelwertsvergleichen. Die Korrelationen zwischen den subjektiven Bewertungen der präsentierten Gerüche und den physiologischen Parametern wurden mittels zweiseitiger Pearson-Tests berechnet und durch partielle Korrelationen korrigiert. Die Spezifität der Zuordnung der Duftstimuli zu den einzelnen Basisemotionen wurde mit Hilfe von χ^2 -Tests untersucht.

Der vorliegende Versuch zeigte keine emotionsspezifischen Aktivierungsmuster des autonomen Nervensystems durch die Duftstimuli. Die Auswertung des Parameters Hautleitfähigkeit zeigte, dass der Geruch „Synthetischer Kaffee“ sich eindeutig von allen anderen Gerüchen, der Geruch „Jasmin“ sich von „Feuchter Luft“, „Computer“ und „Wasser“ signifikant unterscheidet. Es zeigte sich ein tendenzieller Zusammenhang zwischen der Intensität der Düfte und den Mittelwerten der Hautleitfähigkeit. Je intensiver die Düfte bewertet wurden, desto höher waren die Amplitudenwerte der Hautleitfähigkeit. Die Auswertung der Assoziationen zwischen den Düften und den Basisemotionen ergab, dass nur die Gerüche „Synthetischer Kaffee“ und „Urin“ spezifisch mit der Emotion „Ekel“ und die Gerüche „Jasmin“ und „Weihrauch“ spezifisch mit der Emotion „Freude“ belegt wurden. Im Hinblick auf die Valenz konnten die Gerüche in den unangenehmen Geruch „Synthetischer Kaffee“, in die neutral-positiven Gerüche „Weihrauch“, „Feuchte Luft“, „Computer“ und „Urin“ und den eindeutig angenehmen Geruch „Jasmin“ unterteilt werden. Im Hinblick auf die Intensität unterschieden sich drei Gruppen voneinander, die starken, mittelstarken und schwachen Gerüche, wobei zu Ersteren „Feuchte Luft“, „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“ und „Weihrauch“, zu Zweiteren „Urin“ und „Computer“ und zu Letzteren „Wasser“ zählten. Die Bekanntheit von „Jasmin“ und „Weihrauch“ war am größten, die von „Wasser“ am geringsten.

2 Abstract

The present study investigated the formation of the six basic emotions – fear, surprise, happiness, anger, disgust and sadness – in response to the stimulation with selected odors. The subjective associations and emotional memories evoked by the selected fragrances were assessed by means of a questionnaire. In addition, subjects gave ratings of the hedonic valence, intensity and familiarity of each fragrance and indicated how strongly they associated each fragrance with each basic emotion.

Thirty healthy, non-smoking individuals (15 males) aged between 20 and 34 years with intact sense of smell took part in the study. Subjects were exposed to the fragrances “humid air” (fear), “synthetic coffee” (surprise), “jasmine” (happiness), “computer” (anger), “urine” (disgust) and “frankincense” (sadness) and to odorless “water” as a control. All stimuli were presented five times in random order. Throughout the presentation of the stimuli the physiological parameters skin temperature, skin conductance, respiration rate, forearm muscle activity, blink rate, heart rate and heart rate variability were recorded continuously and in real time. At the end of the recording session, the subjective evaluation of the odor stimuli was assessed by means of the questionnaire. Statistical evaluation was carried out with univariate analyses of variance with repeated measures, followed by post hoc pairwise comparisons. Two-sided Pearson correlation tests were calculated between the subjective ratings of the presented odors and the physiological parameters and corrected by means of partial correlations. The verbal association between the fragrances and the basic emotions was evaluated by means of χ^2 -tests.

No emotion specific patterns of autonomic activation were observed in response to stimulation with the fragrances. However, the results showed that stimulation with “synthetic coffee” lead to significantly higher skin conductance responses than all other olfactory stimuli. In addition, “jasmine” differed significantly from “humid air”, “computer” and “water”. In addition, subjective estimates of odor intensity were positively correlated with the amplitude of the skin conductance response by tendency, i.e., the more intense the fragrance was rated the higher was the amplitude the skin conductance response. The fragrances “synthetic coffee” and “urine” were verbally associated specifically with disgust. “Jasmine” and “frankincense” triggered the emotion happiness. By contrast, “humid air“, “computer” and “water” could not be assigned to a single emotion. In regard to odor valence, the fragrances could be divided into three groups. The unpleasant group comprised “synthetic coffee“, the neutral-pleasant group comprised “humid air“, “computer“, “urine” and “frankincense“, and the pleasant group consisted of “jasmine“. The most intense fragrances were “humid air“, “synthetic coffee“, “jasmine“ and “frankincense“, whereas “computer” and “urine” were described as medium intense and “water” was rated as weak. The familiarity of “jasmine“ and “frankincense“ was rated highest, whereas “water“ was the least familiar stimulus.

3 Allgemeiner Teil

3.1 Einleitung

Die vorliegende Studie entsteht im Rahmen des Forschungsprojektes „Haptic and Olfactory Design – Resources for Vienna’s Creative Industries“. Dieses Projekt untersucht sowohl die haptischen Qualitäten als auch die Gerüche der Stadt Wien; sein Ziel ist es, mehr über Lebensqualität, touristische Attraktivität und die haptischen und olfaktorischen Veränderungen im Laufe der Zeit herauszufinden, unter anderem, um Gestaltungsmöglichkeiten für Architekten und Raumplaner aufzuzeigen.

Ein Projekt dieses Forschungsgebietes befasst sich mit den Fragen: Gibt es für die Stadt Wien spezifische Gerüche, welche von den Bewohner/Innen der Stadt mit speziellen Emotionen verknüpft werden? Es stellte sich heraus, dass die subjektiv mit einzelnen Gerüchen verknüpften Emotionen unterschiedlich sein können und oft mehrere Emotionen gleichzeitig auftreten, wobei unangenehme Gerüche am ehesten spezifisch waren. Die am ehesten geeigneten Gerüche wurden für das Projekt gewählt.

Können die gewählten Gerüche aus höchstens drei ihrer Character Impact Compounds im Labor nachgebildet werden, ohne ihren Wiedererkennungswert einzubüßen? Hierzu zeigte sich, dass noch nicht alle Gerüche ausreichend chemisch analysiert worden sind; außerdem konnten manche Character Impact Compounds nicht verwendet werden, da sie toxisches Potential besitzen. Trotzdem wurden Geruchsmischungen mit ausreichenden olfaktorischen Eigenschaften entwickelt. Schließlich stellt sich auch die Frage, die der vorliegenden Studie zugrunde liegt: Können mit diesen künstlich hergestellten Gerüchen unter Laborbedingungen erneut Emotionen evoziert und mit Hilfe geeigneter objektiver Parameter gemessen werden?

3.2 Geruchsmoleküle

Geruchsaktive Stoffe sind niedermolekulare, flüchtige Verbindungen mit einem Molekulargewicht von 15 bis 300 Dalton (Silbernagl & Despopoulos, 2003). Damit ein Lebewesen oder ein unbelebter Stoff einen Geruch aussenden kann, muss der Dampfdruck zwischen der Geruchsquelle und der umgebenden Luft eine gewisse Differenz aufweisen. Es entwickelt sich ein dynamisches Gleichgewicht, welches von Faktoren wie Temperatur,

Luftströmungsgeschwindigkeit, Stoffübergangskoeffizienten und der bestehenden Grenzfläche zwischen Luft und Geruchsquelle abhängt (Stroh, 2008).

Geruchsaktive Moleküle müssen sowohl lipophile als auch hydrophile Anteile haben (Stroh, 2008). Hydrophile Anteile sind nötig, damit sich das Molekül im Sekret der Riechschleimhaut lösen und so zum Rezeptor gelangen kann (Stroh, 2008). Aliphatische und aromatische Strukturen sind geruchsaktiv; viele verschiedene funktionelle Gruppen können alleine oder in Kombination zu einem Geruchserlebnis führen: Aldehyde, Ester, Ketone, Alkohole, Alkene, Carboxylgruppen, Amine, Imine, Thiole, Halogenide, Nitrile, Sulfide und Ether (Firestein, 2001). Bisher ist noch nicht genau bekannt, welche Strukturmerkmale welchen Geruch auslösen (Stroh, 2008). Manche Moleküle mit unterschiedlichen Strukturen lösen ähnliche Gerüche aus, wohingegen strukturell einander sehr nahe stehende Verbindungen unterschiedliche Gerüche erzeugen können. Ein Beispiel dafür sind etwa (+)-Menthol und (-)-Menthol, welche minzig-frisch [(-)-Menthol] bzw. krautig [(+)-Menthol] riechen (Hänsel & Sticher, 2007). Ein Duftmolekül aktiviert eine Anzahl an unterschiedlichen Rezeptoren; je nach Aufbau des Moleküls binden mehrere funktionelle Gruppen oder Molekülstrukturen an jeweils unterschiedliche Rezeptoren, die je nach Affinität des Molekülteils zum Rezeptor unterschiedlich stark aktiviert werden. Ebenso wie ein Molekül unterschiedliche Rezeptoren aktivieren kann, kann ein Rezeptor von unterschiedlichen Molekülen aktiviert werden (Firestein, 2001). Dieses spezifische Aktivierungsmuster der Rezeptoren, welches im Riechkolben in den so genannten Glomeruli kodiert wird, wird als Geruch wahrgenommen. Bei steigender Intensität des Duftes wird eine steigende Anzahl an Rezeptoren aktiviert, wobei sich die Qualität des wahrgenommenen Geruches verändert (Albrecht & Wiesmann, 2006).

Der Mensch kann vermutlich bis zu 10.000 Gerüche unterscheiden, nutzt diese Kapazität allerdings nicht vollständig. Von einzelnen Parfumeuren wird berichtet, sie könnten 5.000 verschiedene Düfte unterscheiden (Schandry, 2006). Fast alle wahrgenommenen Gerüche bestehen aus vielen unterschiedlichen Komponenten, wobei die einzelnen Komponenten eines Geruches nicht identifiziert werden, sondern der Geruch als Ganzes wahrgenommen wird (Albrecht & Wiesmann, 2006).

3.3 Funktion des Geruchssinnes

Der Geruchssinn gehört zu den entwicklungsgeschichtlich ältesten Sinnen. Ein Vorgängersystem des Geruchssinnes findet sich in einem chemischen Sinn vieler Bakterien, über welchen diese Informationen über die Umwelt, zum Beispiel zur Lokalisation von Nahrung,

erhalten (Buck, 2000). Dieser ursprünglich für Nahrungssuche und Partnerwahl sehr wichtige Sinn ist heute zugunsten anderer Sinne in den Hintergrund getreten und spielt für das Überleben des Menschen eine untergeordnete Rolle. Dennoch erfüllt er viele Funktionen, die im alltäglichen Leben oft nicht bewusst wahrgenommen werden, aber unser Verhalten entscheidend beeinflussen. Der Geruchssinn zeigt den Zustand der Nahrung an – verdorbene Nahrungsmittel strömen einen unangenehm-abstoßenden Geruch aus, während ein appetitlicher Geruch die Speichel- und Magensaftsekretion auslöst (Thews et al., 2007). Besonders wichtige Funktionen erfüllt der Geruchssinn in Bezug auf eigenen und fremden Körpergeruch und Abschätzung der Hygiene anderer Personen oder des aktuellen Aufenthaltsortes.

Der individuelle Geruch eines Säugetieres wird durch sein Immunsystem bestimmt. Eine bestimmte Zellstruktur, der Major Histocompatibility Complex 1 (MHC-1), wird von jeder Zelle auf ihrer Außenseite exprimiert und präsentiert gewisse Teile des Zellkatabolismus, die so genannten Antigene. Zellen des Immunsystems akzeptieren körpereigene Antigene; ist eine Zelle durch einen Krankheitserreger infiziert und präsentiert dadurch körperfremdes Antigen, wird das Immunsystem aktiviert und eliminiert die kranke Zelle. Neben dieser Funktion in der Immunabwehr ist der MHC-1-Komplex auch für den individuellen Geruch verantwortlich (Restrepo et al., 2006): Eng miteinander verwandte Menschen haben durch ihre ähnliche Genausstattung einen ähnlichen Geruch (Birbaumer & Schmidt, 2005). Durch die Ähnlichkeit des Geruches wird beispielsweise Inzest durch eine Art Geruchsbarriere vermieden. Tiere nutzen die Geruchsähnlichkeit zur Erkennung ihrer Familie, während diese Fähigkeit beim Menschen vergleichsweise schlecht ausgebildet ist. Dennoch gibt es Hinweise darauf, dass der Geruch auch beim Menschen die Partnerwahl beeinflusst: Andersriechende Partner, also Nicht-Familienzugehörige, werden bevorzugt. Bei Frauen zeigt sich an den empfängnisbereiten Tagen sexuelles Verlangen nach möglichst MHC-1-unterschiedlichen Männern, während eher MHC-1-ähnliche Männer während dieser Tage (eventuell auch der aktuelle Partner) auf sexuelle Ablehnung stoßen werden (Havlicek & Roberts, 2008). Es kann noch nicht abschließend beurteilt werden, wie wichtig der Geruch bei der Partnerwahl tatsächlich ist und ob die Einnahme von hormonellen Kontrazeptiva diese beeinflusst (Havlicek & Roberts, 2008).

Bei der menschlichen Fortpflanzung findet eine Spermazelle die Eizelle durch Geruchssensoren: Spermazellen enthalten alle zur Geruchswahrnehmung nötigen Zellstrukturen und lassen sich durch einen maiglöckchenartigen Geruch von der Eizelle anlocken. Durch den Geruch werden die Bewegungen der Spermazelle schneller und zielgerichteter (Hatt, 2004). Säuglinge erkennen die Mutter am Geruch und finden ihre Brustwarze mit Hilfe des Geruchssinnes (Birbaumer & Schmidt, 2005). Auch die mütterliche Pflege wird durch den Geruchssinn gesteuert (Yamazaki & Beauchamp, 2005).

3.4 Aufbau des Riechorganes

Die Nase – ein knöchiges, knorpeliges und häutiges Gebilde – wird durch die Nasenscheidewand in zwei Hohlräume unterteilt, die wiederum durch Knochenspannen, die Nasenmuscheln, in drei Nasengänge unterteilt werden. Diese Strukturen vergrößern die Oberfläche und sorgen für eine optimale Strömung der Luft. Der Hauptanteil der eingeatmeten Luft gelangt durch den unteren und mittleren Nasengang in den Körper, während ein nur kleiner Anteil durch den oberen Nasengang an der Riechschleimhaut, der *Regio olfactoria*, vorbeistreicht. Der Nasenraum, der aus der äußeren Nase und der Nasenhöhle besteht, ist mit einem Flimmerepithel, der *Regio respiratoria*, ausgekleidet. Sie dient der Erwärmung, Befeuchtung und Reinigung der Atemluft: Schleimdrüsen und Becherzellen bilden ein Sekret, das die eingeströmte Luft reinigt und befeuchtet, der Schlag der Zilien führt zum Abtransport des Schleimes zum Rachen, wo er verschluckt wird, und ein feines Venengeflecht unterhalb des Epithels erwärmt die Luft (Thews et al., 2007).

Die *Regio olfactoria*, ein zweimal 2.5 cm² großes Areal, liegt in der oberen Nasenmuschel und im oberen Teil des Nasenseptums und ist aus 30 Millionen Sinneszellen, Stütz- und Basalzellen aufgebaut. Kleine Schleimdrüsen, die Bowman-Drüsen, produzieren eine Schleimschicht, welche die Schleimhaut bedeckt (Thews et al., 2007). In dieser Schleimschicht befinden sich Odorant Binding Proteins (OBPs). Diese Proteine können Duftstoffe reversibel binden, wobei sie vor allem hydrophobe Moleküle binden, welche wegen ihrer schlechten Wasserlöslichkeit sonst kaum durch die Schleimschicht zum Rezeptor hätten gelangen können (Tegoni et al., 2000).

Die Riechzellen überragen als kolbenförmige Verdickungen die Oberfläche. Von jeder Verdickung gehen sechs bis zehn Riechhaare aus. Auf diesen nicht beweglichen Haaren sitzen Geruchsrezeptoren, welche die Information über das Vorhandensein von geruchsaktiven Molekülen in der Atemluft an die Sinneszellen weitergeben. Jede Zelle exprimiert nur eine Rezeptorart (Thews et al., 2007). Die Lebensdauer der einzelnen Riechzellen beträgt ein bis zwei Monate. Um die alten Zellen zu ersetzen, teilen sich die Basalzellen mitotisch und ersetzen die alten Zellen, wobei sie ein Axon zum jeweils passenden Glomerulus senden (Hatt, 2004).

Die Geruchsrezeptoren sind heptahelikale, G-Protein-gekoppelte Rezeptoren (Mombaerts, 1999). Das G-Protein ist ein heterotrimeres Protein, welches aus je einer α -, β - und γ -Untereinheit besteht. Die α -Untereinheit bindet ein Guaninnucleotid: je nachdem, ob das Protein im Ruhezustand vorliegt oder aktiviert ist, ein Guanosindiphosphat (GDP) oder ein

Guanosintriphosphat (GTP). Die β - und γ -Untereinheiten verankern durch ihren hydrophoben Charakter das Protein in der Zellmembran. Im Ruhezustand sind die drei Untereinheiten miteinander verbunden, an der α -Untereinheit ist GDP gebunden, das Protein liegt getrennt vom Rezeptor vor (Thews et al., 2007). Bei Rezeptorstimulation, also der Bindung eines Geruchsmoleküls an den Rezeptor, aktiviert ein Rezeptor Dutzende G-Proteine (Firestein, 2001). Bei der Aktivierung vereinigen sich das G-Protein und der Rezeptor, und das an der α -Untereinheit gebundene GDP wird gegen GTP getauscht. Die α -Untereinheit des Proteins trennt sich von der β - und γ -Untereinheit und aktiviert eine Adenylatcyclase, welche große Mengen eines wichtigen Signalüberträgerstoffes bildet, des cyclischen Adenosinmonophosphats (cAMP). Im Laufe der Zeit spaltet die α -Untereinheit des G-Proteins GTP in GDP und anorganisches Phosphat auf und beendet so die Reaktion, das Protein kehrt wieder in seinen Ruhezustand zurück (Thews et al., 2007). Je drei durch die Adenylatcyclase gebildete cAMP-Moleküle aktivieren einen Ionenkanal (Firestein, 2001), es kommt zum Einstrom von Na^+ - und Ca^{2+} -Ionen. Dieser Kanal wird inaktiviert, indem ein Phosphatrest abgespalten wird, freies cAMP wird durch die Phosphodiesterase abgebaut (Thews et al., 2007). Einstömende Na^+ - und Ca^{2+} -Ionen führen durch ihre positive Ladung zu einer partiellen Depolarisation der Zellmembran, in diesem Fall zum so genannten Sensorpotential. Überschreitet dieses Sensorpotential eine gewisse Schwelle, wird ein Aktionspotential ausgelöst; dieses wird über das Axon fortgeleitet, um weiter verarbeitet werden zu können. Weiters führt der intrazelluläre Anstieg von Ca^{2+} -Ionen zur Öffnung von Cl^- -Kanälen. Diese Cl^- -Kanäle der Riechschleimhaut stellen eine Besonderheit dar: Durch die hohe intrazelluläre Cl^- -Ionenkonzentration kommt es – anders als üblich – zu einem Cl^- -Ionenausstrom, der zur Depolarisation beiträgt und so die Entstehung eines Aktionspotentials begünstigt. Der ungewöhnliche Cl^- -Ionenausstrom ist eine Anpassung des Körpers an die nicht immer optimalen Elektrolytspiegel des Schleimes (Firestein, 2001).

Die Fortsätze der Sinneszellen, die so genannten Axone, ziehen als *Fila olfactoria* des *N. olfactorius* durch die *Lamina cribrosa* der Siebbeinplatte zu den Mitralzellen – weiteren Nervenzellen – im *Bulbus olfactorius*. Der *Bulbus olfactorius* ist eine beidseitig gelegene Ausstülpung des Telencephalons; hier fungieren die Glomeruli als Umschaltstelle zwischen den Geruchssensoren und dem Hirn. Die Glomeruli sind die mit Schwann-Zellen umhüllten Synapsen zwischen den Axonen der Riechzellen und den Dendriten der Mitralzellen. Auf einen Dendriten konvergieren dabei mehr als 1000 Axone, das elektrische Signal wird damit im Glomerulus verstärkt. Jedes Glomerulus wird mit der Information eines Zelltyps, also einer Rezeptorart, versorgt (Thews et al., 2007). Eintreffende Aktionspotentiale aktivieren die Glomeruli, der Prozess der Informationsverarbeitung beginnt: Signale der gleichen Rezeptorart werden in einem Glomerulus gesammelt, was zur Datenreduktion führt. Die Information zwischen linkem und rechtem Nasenloch wird über Kontralateralen der beiden Bulbi abgeglichen. Periglomeruläre Zellen stellen Querverbindungen zwischen den Dendriten der

Mitralzellen her und üben eine hemmende Wirkung aus, der afferente Zustrom der Riechzellen wird beschränkt (Thews et al., 2007). Zusätzlich bilden und verschärfen so genannte Körnerzellen, Querverbindungen auf der Höhe der Zellkörper, den Kontrast (Thews et al., 2007). Periglomeruläre Zellen und Körnerzellen werden durch Efferenzen aus dem kontralateralen Bulbus und durch den primären olfaktorischen Kortex gesteuert. Beide Zellarten wirken hemmend und steuern die Empfindlichkeit (Thews et al., 2007).

Die Axone der Mitralzellen bilden den *Tractus olfactorius*. Kollateralen des *Tractus olfactorius* führen zu einer Hemmung des kontralateralen Bulbus; der Hauptanteil des *Tractus olfactorius* führt zum Riechhirn, welches sich aus dem präpiriformen Kortex, dem *Tuberculum olfactorium* und den Kortexarealen im Bereich des Mandelkerns zusammensetzt (Thews et al., 2007). Der präpiriforme Kortex diskriminiert gleiche von unterschiedlichen Gerüchen, sowohl aufgrund der Geruchsqualität als auch aufgrund der molekularen Struktur (Gottfried et al., 2006). Im *Tuberculum olfactorium*, auch Riechrinde genannt, erfolgt eine detaillierte Geruchsanalyse (Schandry, 2006). Vom Riechhirn führt der Informationsweg zum Thalamus und weiter zum orbitofrontalen Kortex und zur Insula. Der orbitofrontale Kortex dient der bewussten Wahrnehmung eines Geruches (Schandry, 2006). Das limbische System mit dem Mandelkern und dem Hippocampus vermittelt die emotionale Komponente eines Geruches sowie dessen Einfluss auf das Verhalten. Der Hypothalamus führt zur vegetativen Begleitreaktion eines Geruches (Schandry, 2006).

Auch die freien Nervenendungen des *N. Trigeminus* erfüllen eine chemosensorische Funktion: Stechende und beißende Gerüche, allerdings oft erst ab einer höheren Konzentration, werden über den *N. Trigeminus* wahrgenommen (Thews et al., 2007).

3.5 Psychophysiologie

Die Psychophysiologie untersucht psychische Vorgänge, indem sie physiologische Prozesse beobachtet (Schandry, 2006). In der vorliegenden Untersuchung werden die auf einen Duftreiz folgenden Emotionen untersucht. Emotionen können auf unterschiedliche Weisen klassifiziert werden. Ein mögliches System postuliert die Existenz von sechs distinkten, interindividuellen und transkulturellen Basisemotionen: Angst, Freude, Überraschung, Wut, Ekel und Trauer (Ekman, 1992). Diese Emotionen können – wie in der vorliegenden Untersuchung – durch äußere Reize ausgelöst oder durch psychische Prozesse hervorgerufen werden und dauern nur wenige Sekunden an, im Gegensatz zu Stimmungen, welche stunden- und tagelang anhalten

können. Jede Emotion ist entweder angenehm oder unangenehm und wirkt entweder erregend oder hemmend auf das Individuum (Birbaumer, 2006). Die Untersuchung der Emotionen ist mit Hilfe von psychophysiologischen Indikatoren möglich, da Emotionen periphere physiologische Reaktionen hervorrufen (Birbaumer, 2006). Das zu Grunde liegende Prinzip folgt dem Ansatz, dass sich Emotionen aus mehreren Komponenten zusammensetzen: der subjektiv-physiologischen Ebene, der motorisch-verhaltensmäßigen Ebene und der physiologisch-humoralen Ebene (Birbaumer, 2006).

Zentrale Vorgänge steuern das autonome Nervensystem, welches wiederum die Organe innerviert und beeinflusst. Jedes vom autonomen Nervensystem beeinflusste Organ kann somit zentrale Vorgänge wiedergeben (Sequeira et al., 2008). Im Laufe der Zeit wurde so gut wie jedes Organsystem auf seine Eignung untersucht, psychophysiologische Daten zu liefern, die kognitive Prozesse abbilden (Cacioppo & Tassinary, 1990). Die Methoden der Psychophysiologie sind der medizinischen Diagnostik entlehnt, wobei die Messprozedur möglichst einfach und für den Probanden möglichst wenig belastend sein soll. Das Signal soll nur die Aktivität eines Organs bzw. Organsystems wiedergeben und einen möglichst engen Bezug zum psychologischen Vorgang aufweisen (Schandry, 2006). Die Datengewinnung erfolgt in zwei Schritten: Zuerst wird das Signal über Messfühler abgeleitet, dann wird daraus eine Messgröße ermittelt (Schandry, 2006).

3.6 Psychophysiologische Parameter

3.6.1 Hauttemperatur

Die mittlere Hauttemperatur beträgt bei einem unbedeckten Menschen in Ruhe bei Indifferenztemperatur 33 bis 34°C, die Hautdurchblutung liegt bei 0.1 ml / g x min (Thews et al., 2007). Da die Durchblutung der Haut für die Thermoregulation wichtig ist, ist diese sehr viel stärker ausgeprägt, als es für den Hautstoffwechsel erforderlich wäre. Der Mensch reguliert seine Körpertemperatur durch Wärmestrahlung und Wasserverdunstung, wobei Verdunstung über Schweiß und über die Atemwege erfolgt. Bei Hitze oder Entfieberung des Organismus kann die Hautdurchblutung um das Zehnfache ansteigen. Die Regulation der Hautdurchblutung erfolgt über sympathische, vasokonstriktische Nervenfasern, die schon bei indifferenten Temperaturen einen hohen Ruhetonus aufweisen. Bei sinkender Temperatur nimmt dieser Tonus weiter zu, die Wärmeabgabe wird gedrosselt. Bei steigender Temperatur werden diese

Fasern vom Hypothalamus gehemmt, es erfolgt eine Vasodilatation mit gleichzeitiger Öffnung zahlreicher arteriovenöser Anastomosen, um die Wärmeabgabe zu steigern (Thews et al., 2007). Die Kern- und Körpertemperatur wird zentral gesteuert und unterliegt einem zirkadianen Rhythmus. Das Temperaturminimum liegt beim Menschen in der Früh, das -maximum am Abend. Die Körpertemperatur steigt bei körperlicher und emotionaler Belastung an. Bei Frauen führt auch der Menstruationszyklus zu rhythmischen Temperaturschwankungen (Thews et al., 2007).

3.6.2 Hautleitfähigkeit

Die elektrodermale Aktivität (EDA) kann als oft genutzter, klassischer Parameter in der Psychophysiologie angesehen werden (Schandry, 2006). Dieses sensible Reaktionssystem gibt die durch emotionale oder kognitive Prozesse veränderte Aktivität des Sympathikus wieder (Critchley, 2002). Ein Nachteil der EDA ist ihre indirekte Wiedergabe der Hirnaktivität; ebenso erzeugen viele weitere Reize und Vorgänge im Körper ebenfalls eine Reaktion in der EDA-Kurve (Sequeira, 2008): Alter, Geschlecht und Rasse des Menschen, bei Frauen auch der Menstruationszyklus, seien genannt. Viele Umweltfaktoren wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Tageszeit und Jahreszeit verändern die Parameter ebenfalls (Stern et al., 2001).

Die Haut hat zwei wesentliche Funktionen: Als Trennschicht und Bindeglied zwischen Organismus und Umwelt übt sie einerseits Schutzfunktionen aus und wird andererseits zur Reizaufnahme benötigt. Die Haut ist aus drei Schichten aufgebaut: der Epidermis (äußerste Hautschicht), der Dermis und der Subcutis. Für die Ableitung der EDA ist die Epidermis wichtig, die dem Stromfluss großen Widerstand bietet. Die besten Ableitungsorte für die EDA sind die Handinnenflächen und die Fußsohlen, da die Epidermis an diesen Stellen besonders dick und die Schweißdrüsendichte besonders hoch ist (Gramann und Schandry, 2009).

Die Hautleitfähigkeit ist eine exosomatische Größe, sie kann also nur mit Hilfe von Energiezufuhr, zum Beispiel in Form von elektrischer Spannung, gemessen werden. Die Amplitudenhöhe der EDA-Kurve hängt mit dem Füllungszustand der Schweißdrüsen zusammen: Je mehr Schweiß in den Drüsen steht, desto höher ist die Leitfähigkeit. Zur Ableitung der Hautleitfähigkeit mit Hilfe der so genannten Konstant-Spannungs-Methode wird eine niedrige Spannung von etwa 0.5 V angelegt, die Leitfähigkeitswerte ~~wurden~~ ^{werden} in gemessen, wobei $1\text{ S} = 1\ \Omega^{-1}$ entspricht. Bei einer Zunahme der Aktiviertheit kommt es zum Anstieg der Leitfähigkeit und die Frequenz spontaner Fluktuationen nimmt ebenfalls zu.

Interindividuell sind die Leitfähigkeitsschwankungen sehr beträchtlich, sie liegen zwischen 2 und 100 μS (Schandry, 2006).

Die Schweißdrüsen sind über fast den ganzen Körper verteilt. Ihre Dichte ist an den Handinnenflächen und an den Fußsohlen am größten; dort beträgt sie bis zu 2000 Drüsen pro cm^2 (Gramann und Schandry, 2009). Eine Schweißdrüse besteht aus einem sekretorischen Teil und dem Ausführungsgang. Der Schweiß wird in einem so genannten Knäuelgefäß gebildet und durch einen Ausführungsgang, der korkenzieherartig durch die Haut zur Oberfläche zieht, abtransportiert. Die Flüssigkeit steigt im Schweißdrüsengang zur Oberfläche der Haut hin auf; dieser Vorgang wird durch rhythmische Kontraktionen der umliegenden Myoepithelzellen unterstützt. Teilweise wird der aufsteigende Schweiß von den Wänden des Ausführungsganges wieder reabsorbiert; aus Aufsteigen und Reabsorption ergibt sich ein kompliziertes Zusammenspiel (Gramann und Schandry, 2009). Der Schweiß setzt sich unter anderem aus Elektrolyten, Harnstoff und Aminosäuren zusammen und weist einen sauren pH-Wert auf. Physiologisch gesehen werden die Schweißdrüsen zur Temperaturregulation benötigt: Die Verdunstung von Schweiß führt zur nötigen Kühlung bei Hitze bzw. körperlicher Arbeit (Thews et al., 2007). Die Schweißdrüsen werden von afferenten Neuronen des Sympathikus innerviert. Der Sympathikus ist für die Aktivierung des Systems zuständig: Bei speziellen Anforderungen wie Emotionen, Kälte, Schmerz oder körperlicher Anstrengung stellt der Sympathikus die benötigte Energie bereit (Sequeira, 2008). Der Gegenspieler des Sympathikus, der Parasympathikus, der die Ruhefunktionen und Verdauung regelt, hat keinen direkten Einfluss auf die Schweißdrüsen. Somit ist die EDA ein gutes Messwerkzeug, um nur die Aktivität des Sympathikus zu erfassen. Bei einer Aktivierung des Sympathikus werden die Schweißdrüsen über nicht myelinisierte, postganglionäre Fasern zur Schweißproduktion angeregt. Der postganglionäre Transmitter ist Acetylcholin, und nicht, wie angenommen werden könnte, Noradrenalin (Gramann und Schandry, 2009).

3.6.3 Atemfrequenz

Die Atmung und ihre Frequenz werden in der Psychophysiologie oft erfasst; dies geschieht aber weniger in der Funktion eines eigenständigen Reaktionsmaßes als vielmehr zur Identifizierung der respiratorischen Arrhythmie oder ateminduzierter EDA-Reaktionen. Der Hauptgrund für die untergeordnete Rolle der Atemfrequenz als psychophysiologischem Parameter liegt in der möglichen willentlichen Beeinflussung der Atmung durch den Probanden (Gramann und Schandry, 2009).

Die Atmung wird von der *Medulla oblongata* gesteuert: Rhythmisch werden Impulse für die Ein- und Ausatmung generiert. Die *Medulla oblongata* wird sowohl von zentralen Strukturen als auch von Chemosensoren über nötige Adaptionen informiert, um sowohl eine Mehrventilation bei Arbeit und gesteigerten Anforderungen als auch eine Anpassung beim Schlucken, Sprechen, Niesen etc. zu ermöglichen (Thews et al., 2007).

Die Atemfrequenz beträgt beim Erwachsenen im Mittel 14 min^{-1} , wobei jedoch große Variationen von 10 bis 18 min^{-1} möglich sind (Thews et al., 2007).

3.6.4 Elektromyographie

Die Elektromyographie bezeichnet die Aufzeichnung der Muskelaktivität. In der Psychophysiologie wird meist die isometrische Aktivität erfasst – das ist die Aktivierung des Muskels ohne Längenänderung, also ohne Bewegung (Schandry, 2006).

Die quergestreiften Skelettmuskeln werden vom somatischen Nervensystem gesteuert. Fast alle quergestreiften Muskeln können willkürlich bewegt werden: Deren Kontraktion und Erschlaffung sind für die Statik des Skeletts und für willkürliche Bewegungen verantwortlich. Die willkürlichen Bewegungen werden vom motorischen Kortex gesteuert, während für die Haltung subkortikale Regionen verantwortlich zeichnen (Thews et al., 2007). Als übergeordnetes Zentrum ist die *Formatio reticularis* für den Zusammenhang zwischen Aktiviertheit und Muskelspannung verantwortlich (Gramann und Schandry, 2009). Die Muskeln werden vom motorischen Vorderhornneuron innerviert (Thews et al., 2007). Ein Skelettmuskel besteht aus Muskelfasern, die durch Bindegewebe zur funktionellen Einheit des Muskels zusammengeschlossen werden. Jede Muskelfaser wird von einem Ast des Axons eines Motoneurons innerviert; eine über das Axon eintreffende Erregung wird an der motorischen Endplatte durch den Neurotransmitter Acetylcholin auf die Muskelfaser übertragen. Es folgt die Öffnung von Ionenkanälen und der Einstrom von Na^{+1} -Ionen führt zur Depolarisation der Zellmembran. Durch die Öffnung weiterer Na^{+1} -Kanäle breitet sich die Erregung über die Zellmembran aus. Die Erregung wird auch in das Zellinnere geleitet, wo durch freigesetzte Ca^{+2} -Ionen die Muskelkontraktion ausgelöst wird (Thews et al., 2007). Das Aktionspotential, das sich durch Ionenverschiebung als Depolarisationswelle entlang der Zellmembran ausbreitet, führt zu Schwankungen der elektrischen Feldstärke. Diese Potentialschwankung breitet sich bis zur Körperoberfläche aus und kann dort von Elektroden registriert werden (Gramann und Schandry, 2009). Bei Steigerung der Muskelspannung steigt die Anzahl der beteiligten Muskelfasern, und die Frequenz der Entladungen nimmt zu. Dies ist als Amplitudenerhöhung und als Frequenzsteigerung in den Aufzeichnungen ersichtlich. Um die Körperspannung

wiedergegeben, sind die Ableitungsorte an Stirn und Unterarm besonders repräsentativ (Schandry, 2006).

3.6.5 Lidschlagfrequenz

In der Psychophysiologie wird die Anzahl der Lidschläge in einer bestimmten Zeitspanne ermittelt, da einerseits eine Veränderung der Lidschlagfrequenz im Rahmen der so genannten Schreckreaktion erfolgt und andererseits die Zahl der Lidschläge bei erhöhtem Arousal ansteigt. Eine Schreckreaktion wird reflektorisch auf potentiell schädliche Reize ausgelöst, wobei die Lidschlagfrequenz ein Bestandteil dieser Schreckreaktion ist. Bei erhöhter Aktiviertheit oder bestimmten Emotionen, wie Ärger und Überraschung, nimmt die Anzahl der Lidschläge in einer bestimmten Zeiteinheit zu. Dies gilt jedoch nicht für visuelle Stimuli, welche die Lidschlagfrequenz herabsetzen (Gramann und Schandry, 2009).

Die Netzhaut weist eine negative Polarität gegenüber der Hornhaut auf, die Potentialdifferenz beträgt 0.4-1.0 mV (Stern et al., 2001); bei Bewegungen des Auges kommt es zu Potentialschwankungen. Die beim Lidschluss auftretende Spannungsänderung kann durch ein Elektrodenpaar abgeleitet werden, wobei eine Elektrode ober- und eine unterhalb des Auges befestigt wird (Gramann und Schandry, 2009).

3.6.6 Herzschlagfrequenz

Die Frequenz des Herzschlages ist der am häufigsten eingesetzte Parameter, um das kardiovaskuläre Geschehen zu dokumentieren. Dieser äußerst empfindliche Kennwert hat zwei mögliche Reaktionsrichtungen: Die Frequenz kann zu- oder abnehmen. Eine Abnahme der Herzfrequenz ist bei Orientierung, Entspannung und Aufmerksamkeitsprozessen zu erwarten, eine Erhöhung dagegen bei körperlicher Belastung, Schmerz und Angst. Die meisten psychischen und physischen Anforderungen führen zu einer Veränderung der Herzfrequenz, welche durch Sympathikus und Parasympathikus gesteuert wird (Gramann und Schandry, 2009). Weitere, die Herzfrequenz steigernde Faktoren sind Fieber und ein niedriger Sauerstoffgehalt des Blutes. Bei vielen Menschen – vor allem bei jüngeren – kann eine

respiratorische Sinusarrhythmie beobachtet werden, eine Frequenzveränderung, die im Zusammenhang mit dem Atemzug auftritt. Verschiedene zyklische Phasen, wie unter anderem der zirkadiane Rhythmus und der Menstruationszyklus, beeinflussen die Herzfrequenz ebenfalls (Gramann und Schandry, 2009). Phasische Reaktionen, also auf einen Reiz bezogene Veränderungen der Herzfrequenz, treten innerhalb von höchstens 15 s nach Reizeintritt auf. Bei Orientierungsreaktionen, welche zu einer Verlangsamung des Herzschlages führen, beträgt die Latenzzeit 0.5-2 s, der Extrempunkt wird 2-7 s nach Reizeintritt erreicht. Reize, die zu einer Beschleunigung der Herzfrequenz führen, haben eine Latenzzeit von 0.5-3 s und erreichen ihren Höhepunkt nach 5-10 s (Gramann und Schandry, 2009).

3.6.7 Herzratenvariabilität

Um die Herzratenvariabilität zu bestimmen, wird die Standardabweichung der Herzschlagfrequenz berechnet. Die Variabilität des Herzschlages sinkt bei aktivierenden Aufmerksamkeitsprozessen, vermutlich aufgrund der präziseren zentralnervösen Steuerung der Herzfrequenz bei Anspannung (Gramann & Schandry, 2009).

3.7 Stadtgerüche

In einer Umfrage unter 50 WienerInnen wurden zu den Basisemotionen subjektiv assoziierte Stadtgerüche erfragt. Als Ergebnis wurden zu jeder Basisemotion zwei, also insgesamt zwölf, Gerüche ermittelt. Es wurden jene Gerüche ausgewählt, die mit der jeweiligen Basisemotion entweder am häufigsten verbunden oder am ehesten spezifisch assoziiert wurden, siehe Tabelle 1 (Förster-Streffleur, 2010).

Basisemotionen	Stadtgerüche mit der Zahl der Nennung			
Angst	Desinfektionsmittel	2	Feuchte Luft	7
Überraschung	Kerzenduft	2	Synthetischer Kaffee	3
Glück	Warme Sommerluft	4	Jasmin	3
Wut	Verbranntes	5	Computer	2
Ekel	Erbrochenes	12	Urin	11
Trauer	Moder	8	Weihrauch	6

Tabelle 1: Basisemotionen mit den assoziierten Stadtgerüchen und der Häufigkeit der Nennung

Die ermittelten Düfte wurden auf höchstens drei ihrer Character Impact Compounds reduziert. Im Labor wurden aus diesen Charakter Impact Compounds synthetische Duftmischungen hergestellt, die deren olfaktorische Eigenschaften repräsentierten (Weißinger, 2009).

3.8 Ziel der vorliegenden Untersuchung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, durch ausgewählte stadtypische Gerüche („Stadtgerüche“) die Basisemotionen Angst, Überraschung, Glück, Wut, Ekel und Trauer hervorzurufen. Die durch die Emotionen hervorgerufenen Reaktionen des autonomen Nervensystems wurden durch psychophysiologische Messverfahren aufgezeichnet. Als Vorlage diente die Studie von Vernet-Maury et al. (Vernet-Maury et al., 1999), in der ein Entscheidungsbaum die physiologischen Kennwerte mit den sechs Basisemotionen verbindet.

4 Experimenteller Teil

4.1 Allgemeiner Versuchsaufbau

Die Untersuchung bestand aus zwei Teilen, der Vor- und der Hauptuntersuchung.

In der Voruntersuchung wurden geeignete Probanden ausgewählt, indem persönliche Daten erhoben wurden und das Riechvermögen der Probanden mit Hilfe der Sniffin´ Sticks® getestet wurde.

In der Hauptuntersuchung wurden verschiedene Düfte, die bestimmte Emotionen auslösen sollten, präsentiert und ausgewählte physiologische Parameter, die die ausgelösten Emotionen erfassen sollten, aufgezeichnet. Im Anschluss an die Erfassung der physiologischen Kennwerte füllte die Versuchsperson einen Fragebogen zu der subjektiv assoziierten Basisemotion, den emotionalen Erinnerungen sowie der Valenz, Intensität und Bekanntheit der einzelnen Düfte aus.

4.2 Vorbedingungen

4.2.1 Verwendete Software, Geräte und Materialien

Die Erfassung der physiologischen Parameter erfolgte mit dem Programm *Acq Knowledge*®, Version 3.9.0.17 (© 1992-2007, BIOPAC Systems, Inc., Santa Barbara, California, USA) und dem Messsystem MP100 (Biopac Systems, Inc.), welches aus sechs Modulen und den jeweiligen Elektroden und Messfühlern besteht.

Zur Messung der Hauttemperatur dienten das Modul SKT100B und ein Thermistor (Typ TSD202A).

Zur Messung der Hautleitfähigkeit wurden das Modul GSR100B und zwei Ag/AgCl-Napfelektroden (Typ TSD203) benutzt.

Die Atemfrequenz wurde mit Hilfe des Moduls RSP100C und des Dehnungsmessfühlers (Typ TSD201) aufgezeichnet.

Die Bestimmung der Muskelspannung erfolgte mit dem Modul EMG100B und zwei Ag/AgCl-Napfelektroden (Typ EL208S).

Die Frequenz des Lidschlages wurde mit dem Modul EOG100B und zwei Ag/AgCl-Napfelektroden (Typ EL208S) aufgezeichnet.

Die Messung der Herzschlagfrequenz erfolgte mit dem Modul ECG100C und je zwei Ag/AgCl-Einwegelektroden Skintact® (Typ T601) der Firma Leonard Lang GmbH, Innsbruck.

Die verwendeten Napfelektroden waren nichtpolarisierende Oberflächenelektroden; diese wurden mit der Elektrodenpaste Synapse® (MED-TEK USA-91007 California) verwendet und mit doppelseitig haftenden Kleberingen (GE Medical Systems D-20253 Hamburg) sowie Leukosilk® (BSN medical GmbH D-20253 Hamburg) angebracht. Der Thermistor wurde ebenfalls mit Leukosilk® befestigt.

Die statistische Auswertung wurde mit den Programmen SPSS Statistics 17.0 (SPSS Inc. © 2008), und Microsoft® Office Excel 2003 (Copyright © 1985-2003 Microsoft Corporation) durchgeführt. Als Betriebssystem diente Microsoft® Windows XP Professional (Copyright © 1985-2001 Microsoft Corporation).

Zur Präsentation der Gerüche wurden Riechstreifen aus Papier (Primavera Life GmbH D-87477 Sulzberg) verwendet.

Die Elektroden wurden nach der Untersuchung mit Wattestäbchen und Baumwolltüchern gesäubert, zur Reinigung der Handschuhe wurde unparfumiertes Waschpulver verwendet.

4.2.2 Verwendete Gerüche

Ziel der Diplomarbeit von Förster-Streffleur (2010) war es, den sechs Basisemotionen „Angst“, „Überraschung“, „Freude“, „Wut“, „Ekel“ und „Trauer“ verschiedene Stadtgerüche zuzuordnen. Von Weißinger wurden in ihrer Diplomarbeit (2009) je zwei ausgewählte Düfte zu jeder Basisemotion bearbeitet. Die Düfte wurden, ähnlich einem Parfum, auf flüssiger Basis aus möglichst wenigen Komponenten zusammengestellt. Für die vorliegende Arbeit wurden aus diesen zwölf Düften sechs ausgewählt, wobei jeder Basisemotion ein Geruch zugeordnet wurde. Die Auswahl sowie die chemische Zusammensetzung sind in Tabelle 2 angegeben. Die

Duftgemische waren als Flüssigkeiten in kleinen Braunglasflaschen, die mittels Etiketten nummeriert waren, enthalten und wurden je nach Anweisung bei Raumtemperatur oder im Kühlschrank gelagert. Der Referenzduft „Wasser“ wurde jeden Tag frisch von der Wasserleitung abgefüllt.

Basisemotion	Geruch	Nummer des Duftes	Chemische Zusammensetzung und Konzentration der Bestandteile ^{a)}
„Angst“	„Feuchte Luft“	8	Iris Absolue (1% V/V in EtOH 96%, 7 T) Geosmin (0.002% m/V in MeOH/EtOH 96%, 3 T)
„Überraschung“	„Synthetischer Kaffee“	9	Furfurylmercaptan (0.002% V/V in PG)
„Freude“	„Jasmin“	10	Benzylacetat (20% V/V in PG, 2 T) Methyljasmonat (20% V/V in PG, 1.54 T) cis-Jasmon (20% V/V in PG, 0.48 T) Indol (1% m/V in PG, 5.98 T)
„Wut“	„Computer“	11	Isopropanol (0.1% V/V in DP)
„Ekel“	„Urin“	12	5 α -Androst-16-en-3-on (0.1% m/V in PG, 5 T) NH ₄ OH (10% V/V in PG, 0.5 T)
„Trauer“	„Weihrauch“	13	Boswellia sacra ÄÖ (20% V/V in EtOH 96%)
„Grundzustand“	„Wasser“	7	Leitungswasser

Tabelle 2: Die den einzelnen Basisemotionen zugeordneten Düfte sowie Wasser, die verwendeten Nummern und die chemische Zusammensetzung. a) nach Weißinger, 2009. ÄÖ: Ätherisches Öl; DP: Diethylphthalat, EtOH: Ethanol, MeOH: Methanol, PG: Propylenglykol; m/V: Masse pro Volumen, V/V: Volumen pro Volumen; T: Teile

4.2.3 Auswahl der Probanden

Auf die Erhebung der personenbezogenen Daten wird in Kapitel 3.3 eingegangen.

Von 30 Versuchspersonen wurden 18 ausgewählt. Diese Versuchspersonen beurteilten den Geruch „Synthetischer Kaffee“ – der ursprünglich der Basisemotion „Überraschung“ zugeordnet war – als negativ und assoziierten ihn mit der Emotion „Ekel“. Vermutlich war die vorgegebene Konzentration des verwendeten schwefelhaltigen Geruchsstoffes Furfurylmercaptan zu hoch, und der Geruch wurde deshalb negativ beurteilt. Der ursprünglich der Emotion „Ekel“ zugeordnete Geruch „Urin“ hingegen wurde von vielen Probanden nicht wahrgenommen und dementsprechend nicht negativ beurteilt. In gleicher Weise wurden andere Gerüche unterschiedlich beurteilt; unter diesen erwies sich jedoch „Synthetischer Kaffee“ als der am stärksten polarisierende. Aus diesem Grund haben wir in der vorliegenden Arbeit die Daten

jener Probanden ausgewertet, welche den Geruch „Synthetischer Kaffee“ negativ beurteilt hatten.

4.2.4 Physiologische Parameter

4.2.4.1 Hauttemperatur

Die Hauttemperatur wurde mit einem Thermistor gemessen: Dies ist ein Halbleiter, der seinen Widerstand durch Ansteigen oder Abfallen der Temperatur verändert. Als Ableitungsort wurde die Innenseite des nicht dominanten Unterarmes gewählt (Gramann & Schandry, 2009). Der Thermistor wurde mit Leukosilk® befestigt. Bei der Lagerung des Armes wurde darauf geachtet, dass der Arm auf dem Handrücken zu liegen kam, um einen Wärmestau zu verhindern, der bei einer Lagerung des Armes auf der zur Ableitung für die Hauttemperatur gewählten Stelle eventuell zustande gekommen wäre.

4.2.4.2 Hautleitfähigkeit

Die Hautleitfähigkeit wurde mit Ag/AgCl-Elektroden gemessen. Diese wurden luftblasenfrei mit Elektrodenpaste befüllt; die so entstehende Kontaktfläche war genau so groß wie die Elektrode selbst. Die Größe der Kontaktfläche mit der Haut bestimmte die Leitfähigkeitswerte (Dawson et al., 2000). Die bipolare Ableitung erfolgte an der nicht dominanten Hand, da diese dünnere Hornhaut und weniger Narben als die dominante Hand aufweist. Die Elektroden wurden jeweils an der Handinnenseite des mittleren Fingergliedes des Mittel- und Ringfingers angebracht (Dawson et al., 2000).

Der Versuchsteilnehmer wurde vor der Untersuchung gebeten, sich die Hände und Unterarme mit Wasser zu waschen, um lose Hautschuppen und Schweiß zu entfernen. Vor dem Anbringen der Elektroden wurde die Haut mit Elektrodenpaste abgerieben, um einen möglichst kleinen Übergangswiderstand zwischen Haut und Elektrode zu erzielen und die elektrische Verbindung auch bei kleinen Bewegungen aufrecht zu erhalten (Gramann & Schandry, 2009). Bewegungen des Armes hätten zu Artefakten in der Aufzeichnung führen können; um diese zu vermeiden, wurde der Arm bequem auf einem Kissen gelagert. Auch eine forcierte Atmung hätte zu

Artefakten in der Aufzeichnung führen können; um diese zu vermeiden, wurde die Versuchsperson gebeten, während der Reizapplikation normal weiterzuatmen.

4.2.4.3 Atemfrequenz

Die Atemfrequenz wurde mit einem Atemgürtel gemessen: Dies ist ein dehnbarer Klettgürtel mit einem elektronischen Dehnungsmessfühler. Wenn der Messfühler durch die Einatmung gedehnt wurde, wurde die Längenänderung in ein elektrisches Signal umgewandelt.

Der Atemgurt wurde unterhalb des Brustbeines und oberhalb der für die EKG-Ableitung erforderlichen Elektroden angebracht. Der Atemgurt wurde fest genug verschlossen, um ein Verrutschen zu verhindern, und locker genug, um die Atmung nicht behindern.

4.2.4.4 Frequenz des Lidschlages

Die Frequenz des Lidschlages wurde mit Ag/AgCl-Napfelektroden gemessen. Diese wurden luftblasenfrei mit Elektrodenpaste befüllt; vor ihrem Anlegen wurde die Haut mit Elektrodenpaste abgerieben, um eine gleichmäßige Abnahme der Signale zu erreichen und um Schweiß und eventuell vorhandenes Make-up zu entfernen. Dadurch wurde der Übergangswiderstand verkleinert und die Signalqualität verbessert. Eine Elektrode wurde über der höchsten Stelle der linken Augenbraue und eine unterhalb des linken Auges mit Hilfe der Kleberinge aufgeklebt, die Elektrodenkabel wurden mit Leukosilk® befestigt.

4.2.4.5 Aktivität der Unterarmmuskulatur

Die Muskelspannung wurde an der Unterarmmuskulatur ermittelt. Die genaue Position zur Ableitung wurde folgendermaßen ermittelt: Eine Diagonale am Unterarm zwischen dem *Epicondylus medialis* des Ellenbogens und des *Processus styloideus* am Handgelenk wurde in drei Teile geteilt. Der näher am Ellenbogen gelegene Teilungspunkt war der erste Ableitungsort,

der zweite Ableitungsort lag ebenfalls auf der gebildeten Diagonale, fünf Zentimeter in Richtung des Handgelenkes verschoben (Gramann & Schandry, 2009). Vor dem Versuch wurde die Versuchsperson gebeten, sich den Unterarm mit Wasser abzuwaschen, um Staub, Schweiß und lose Hautschuppen zu entfernen; vor dem Anbringen der Elektroden wurde die Haut mit Elektrodenpaste abgerieben, um den Übergangswiderstand zu verkleinern und die Signalqualität zu verbessern. Bewegungen des Armes hätten zu Artefakten in den Aufzeichnungen führen können und wurden durch bequeme Lagerung des Armes auf einem Polster vermindert.

4.2.4.6 Frequenz des Herzschlages

Die Aufzeichnung des Herzschlages erfolgte mit Ag/AgCl-Einmalelektroden. Diese wurden unterhalb des Atemgürtels links und rechts unterhalb des untersten Rippenbogens angebracht (Schandry, 1996). Da eine forcierte Einatmung zu einer verstärkten Sinusarrhythmie hätte führen können, wurde die Versuchsperson gebeten, während der Reizapplikation normal weiterzuatmen.

4.2.5 Beschreibung des Fragebogens

Der Fragebogen bestand aus sieben identischen Teilen: Jedem Geruch wurde ein Teil zugeordnet (siehe Anhang 1). Das Ausfüllen des Fragebogens sollte möglichst spontan erfolgen. Als „Ausfüllhilfe“ erhielt der Versuchsteilnehmer einen Duftstreifen des jeweils zur Fragestellung gehörigen Duftes.

Die Assoziation des Duftes mit der jeweiligen Basisemotion wurde erfragt. Die Stärke jeder Basisemotion wurde mit Hilfe einer zehnteiligen Likert-Skala erfasst, die eins mit „sehr schwach“ und zehn mit „sehr stark“ beschreibt.

Die nächsten Fragen behandelten die Valenz, die Intensität und den Bekanntheitsgrad des Duftes: Auch diese Fragen wurden mithilfe von Likert-Skalen beantwortet. Im Bereich der Valenz bezeichnete der Wert eins „sehr unangenehm“ und zehn „sehr angenehm“; bei der

Intensität wurde der Wert eins mit „kaum wahrnehmbar“ und der Wert zehn mit „sehr stark“ belegt; die Bekanntheit verband den Wert eins mit „völlig unbekannt“ und den Wert zehn mit „sehr bekannt“.

Eine Entscheidungsfrage, ob und wie der Duft benannt werden konnte, sowie eine Entscheidungsfrage nach einer emotionalen Erinnerung – ebenfalls mit einer Antwortmöglichkeit – leiteten den nächsten Teil des Fragebogens ein. Es folgten vier Likert-Skalen zum Ankreuzen. Die erste Likert-Skala fragte nach der Stärke der Emotionalität mit einem Wert eins von „wenig emotional“ bis zu einem Wert zehn von „sehr emotional“, die zweite Likert-Skala nach der Lebhaftigkeit der Erinnerung mit dem Wert eins für „wenig lebhaft“ bis zu dem Wert zehn mit „sehr lebhaft“. Die dritte Likert-Skala bot eine Antwortmöglichkeit auf die Frage, wie stark sich der Proband in diese Erinnerung zurückversetzt fühlte, wobei die Werte eins bis zehn für „sehr schwach“ bis „sehr stark“ standen. Die letzte Likert-Skala behandelte die Frage nach der Spezifität der Erinnerung mit dem Wert eins für „wenig spezifisch“ bis zu einem Wert zehn für „sehr spezifisch“.

4.3 Versuchspersonen

Die Versuchspersonen waren zwischen 20 und 34 Jahre alt, im Mittel 24.8 Jahre, und zu gleichen Teilen männlich und weiblich. Einschlusskriterium war die erfolgreich absolvierte Voruntersuchung.

Allergien auf Duft- und Parfumbestandteile, Asthma oder andere olfaktorische Beeinträchtigungen sowie Rauchen waren Ausschlussgründe; andere Allergien wie Pollen-, Nickel-, Penicillin- oder Hausstaubmilbenallergien, die zur Zeit der Untersuchung nicht manifest waren, waren kein Ausschlussgrund. Weiters durften keine neurologischen Erkrankungen und kein Bluthochdruck bestehen, Schwangere und Stillende wurden ebenfalls nicht zugelassen.

Die Versuchspersonen wurden ab März 2009 durch eine Anzeige auf einer Internetplattform für Pharmaziestudenten (<http://pharmapoint.at>), durch Aushänge im UZA 1 und UZA 2 und im Bekanntenkreis rekrutiert. Die Terminvereinbarung erfolgte telefonisch und über Email-Kontakt.

4.4 Voruntersuchung

4.4.1 Ablauf und Ziel

Die Voruntersuchung fand im Raum 2D454 oder im Untersuchungszimmer des Departments für Klinische Pharmazie und Diagnostik, Spange D, Ebene 4, UZA 2 der Universität Wien, statt. Ihre Dauer betrug eine halbe Stunde. Die erhobenen persönliche Daten waren der Name, das Alter, das Geschlecht, der Beruf, die Telefonnummer und die Email-Adresse. Weiters wurden Fragen zur Gesundheit und bekannten Allergien sowie der Einnahme von Medikamenten gestellt. Die Einschätzung der eigenen Geruchsleistung und Beeinträchtigungen des Geruchssinnes wie etwa durch Rauchen wurden erfasst. Anhang 2 enthält das Datenblatt der Voruntersuchung.

Der Geruchssinn wurde mit Hilfe der Sniffin' Sticks® getestet: Dies ist ein standardisierter Test zur Erfassung der Riechleistung der einzelnen Probanden mit einer verbalen (Identifikation) und einer nichtverbalen (Diskrimination) Komponente (Wolfensberger & Schnieper, 1999). Der Test wurde nach den Vorgaben der Firma Burghart durchgeführt und besteht aus einem Diskriminations- und einem Identifikationstest. Die Sniffin' Sticks® selbst sind Stifte, ähnlich einem dicken Filzstift mit einer abnehmbaren Plastikkappe, deren Minen anstelle einer Farbe einen Duft enthalten.

Der Versuchsteilnehmer wurde gebeten, 15 Minuten vor dem Test keine Nahrung, Kaugummi oder Getränke zu sich zu nehmen; Wasser war erlaubt.

Damit die Sniffin' Sticks® geruchsfrei präsentiert werden konnten, trug die den Versuch durchführende Person während der gesamten Untersuchung geruchslose weiße Baumwollhandschuhe.

4.4.1.1 Diskriminationstest

Der Diskriminationstest erfolgte mit verschlossenen Augen. Es wurden jeweils drei Duftstifte präsentiert, wobei zwei den gleichen Geruch und einer einen anderen Geruch aufwies. Der Test bestand aus 16 Triplets. Zwischen den Präsentationen der verschiedenen Triplets vergingen 30 Sekunden. Die Präsentation der Stifte erfolgte für drei bis vier Sekunden mit abgenommener Kappe mittig etwa zwei Zentimeter unterhalb der Nase. Die zu untersuchende Person wurde

gebeten, sich nicht zu bewegen, um einen Kontakt des Stiftes mit dem Gesicht der Versuchsperson zu verhindern.

Der Versuchsteilnehmer wurde angewiesen, den jeweils anderen Geruch abzugrenzen, ohne einen der Gerüche zu identifizieren oder zu benennen.

4.4.1.2 Identifikationstest

Beim Identifikationstest wurden der Versuchsperson 16 verschiedene Duftstifte im Abstand von ca. 30 Sekunden angeboten. Zu jedem Duft wählte die Versuchsperson aus einer Liste von vier möglichen Antworten eine aus und benannte den Duft somit.

4.4.2 Auswertung der Voruntersuchung

Beim Diskriminationstest mussten zumindest 11 der 16 Triplets richtig erkannt werden (Wolfensberger & Schnieper, 1999). Die Spannweite der Werte reichte von 11 bis 16 richtig erkannten Triplets und lag im Mittel bei 14.1 Triplets.

Beim Identifikationstest mussten von den 16 Gerüchen mindestens 13 richtig benannt werden (Wolfensberger & Schnieper, 1999). Die Spannweite der erreichten Werte reichte von 13 bis 16 richtig erkannten Gerüchen und lag im Mittel bei 14.4 erkannten Gerüchen.

Falls die Versuchsperson die geforderte Riechleistung nicht erbringen konnte, wurde trotzdem ein Honorar für den zeitlichen Aufwand ausbezahlt. Diese Person nahm am weiteren Versuch nicht teil.

4.5 Hauptuntersuchung

4.5.1 Beschreibung der Räumlichkeiten

Der Raum für die Hauptuntersuchung war das Zimmer 2D459 des Departments für Klinische Pharmazie und Diagnostik, Spange D, Ebene 4 im UZA 2 der Universität Wien. Dieser Raum war abseits gelegen, was eine störungsfreie Untersuchung gewährleistete. Bei der Planung der Untersuchungen wurde auf die Belegung des nebenan gelegenen Seminarraumes Rücksicht genommen, um eventuelle Lehrveranstaltungen oder Prüfungen auszuschließen und um Ruhe garantieren zu können.

Im Raum standen zwei Kästen, von denen einer Utensilien für die Untersuchung aufnahm. Weiters befanden sich zwei Schreibtische mit Computern, die benötigten Apparate, um die physiologischen Parameter aufzuzeichnen, ein Tisch, auf dem bei Rechtshändern der linke Arm gelagert wurde, drei Stühle, zwei Hocker und eine Klimaanlage im Raum. Die Fenster des Raumes waren abgeklebt, damit die Versuchsteilnehmer nicht abgelenkt wurden, und durch künstliche Beleuchtung wurde für eine gleich bleibende Helligkeit bei allen Untersuchungen gesorgt. Die Fenster wurden vor der Untersuchung geschlossen, um Geräusche von außen abzuschirmen. Zwischen den Untersuchungen wurde der Raum durch Öffnen der Fenster gelüftet und bei Bedarf mittels Klimaanlage gekühlt, um die Temperatur konstant zu halten.

4.5.2 Ablauf der Hauptuntersuchung

Die Versuchsperson wurde kurz über den Ablauf der Sitzung informiert. Weitere Fragen, wie etwa zur Identität der Düfte, wurden erst nach der Abgabe des ausgefüllten Fragebogens beantwortet.

Der nicht dominante Arm der Versuchsperson wurde auf einem bereitstehenden Tisch auf einem weißen Polster gelagert. Die Sensoren wurden angebracht und deren Funktion wurde überprüft. Die Versuchsperson wurde gebeten, eine bequeme Sitzposition einzunehmen, sich während des Versuches möglichst wenig zu bewegen, bis zum Ende des Versuches zu schweigen und während der Duftapplikation nicht gezielt einzuatmen, um eine atembezogene Sinusarrhythmie oder eine durch forcierte Einatmung hervorgerufene Änderung der Hautleitfähigkeit zu verhindern.

Die Aufzeichnung startete mit einer Entspannungsphase von zehn Minuten, in der die Versuchsperson Zeit hatte, sich an die Umgebung und die angebrachten Messsensoren zu gewöhnen.

Anschließend wurden die Düfte in randomisierter Reihenfolge appliziert: Fünf Sets enthielten jeden Duft ein Mal (Anhang 3). Die Duftmischungen wurden jeweils zu Beginn eines Atemzuges dargeboten, wobei zwischen den einzelnen Stimuli ein Intervall von zwei Minuten lag.

Die Applikation der Düfte erfolgte durch das fünf Millimeter tiefe Eintauchen eines Duftstreifens in die Dufterlösung. Dieser imprägnierte Duftstreifen wurde der Versuchsperson während der Dauer eines Atemzuges präsentiert. Die den Duft enthaltende Braunglasflasche wurde sofort nach Entnahme durch das Aufsetzen der Verschlusskappe verschlossen und der einmal benutzte Duftstreifen in einer verschließbaren Plastikflasche entsorgt. Die Flaschen mit den Düften standen vor der Person, die den Versuch durchführte, und waren dem Blick der Versuchsperson durch die vorstehende Messapparatur entzogen. Während des Versuches sorgen geruchslose weiße Baumwollhandschuhe für eine geruchsfreie Applikation der Duftstreifen.

Nach der Applikation des letzten Duftes wurden die physiologischen Parameter für weitere zwei Minuten aufgezeichnet, dann wurden die Messergebnisse unter dem Namen der Versuchsperson abgespeichert und die Messsensoren abgenommen.

Der Versuchsperson wurde der Fragebogen vorgelegt. Anders als während der Aufzeichnung der physiologischen Parameter wurden der Versuchsperson die Duftstreifen mit den entsprechenden Düften zur Beantwortung der zu den einzelnen Düften gehörenden Fragen direkt in die Hand gegeben.

Nach Abschluss der Hauptuntersuchung wurde der Versuchsperson ein entsprechend höheres Honorar ausbezahlt.

4.6 Datenbearbeitung

4.6.1 Physiologische Parameter

Laut Ekman (Ekman, 1992) sind Emotionen phasische, also schnell auftretende Reaktionen. Aus diesem Grund wurde ein Zeitfenster von zehn Sekunden, welches mit dem Beginn der Duftpräsentation startete, zur Auswertung der Parameter herangezogen.

Für jeden Parameter und jeden Duft wurde der Mittelwert über alle Duftpräsentationen berechnet.

4.6.1.1 Hauttemperatur

Die Hauttemperatur wurde in Grad Celsius gemessen. Zur Auswertung wurde der Mittelwert über ein Intervall von zehn Sekunden vor bzw. beginnend mit dem Beginn der Reizapplikation ermittelt. Um interindividuelle Schwankungen und umweltbezogene Störfaktoren – wie eine allgemeine Erhöhung der Raumtemperatur, welche zu einer Erhöhung der Hauttemperatur führen kann – zu kontrollieren, wurde die Differenz des Intervalls zehn Sekunden vor und beginnend mit dem Reizeintritt berechnet.

4.6.1.2 Hautleitfähigkeit

Die Hautleitfähigkeit wurde in der Einheit μS (Mikro Siemens) gemessen. Zur Normierung wurde auf die Einheit $\mu S/cm^2$ umgerechnet. Der Radius der verwendeten Elektroden betrug drei Millimeter, das ergab eine Fläche von $(0.3)^2 \times \pi = 0.2827$, der gemessene Wert wurde durch diese Fläche dividiert.

Die Auswertung der Amplituden der Hautleitfähigkeit erfolgte einzeln. Das Amplitudenkriterium, also die geringste als reizbezogen bewertete Steighöhe, betrug $0.05 \mu S/cm^2$, das Latenzzeitfenster betrug ein bis vier Sekunden. In dieser Zeit musste die Hautleitfähigkeit zu

steigen beginnen, um als reizbezogen zu gelten. Atemartefakte wurden mit Hilfe der Aufzeichnung der Atmung identifiziert und nicht ausgewertet.

Die Amplitudenhöhe wurde mit der Methode nach Boucsein (Boucsein, 1988) bestimmt, wobei die jeweils größte Amplitude gewertet wurde. Um interindividuelle Unterschiede zu minimieren, wurden die Amplituden für jede Versuchsperson einzeln normiert: Hierzu wurde die jeweils größte Amplitude der Testreihe bestimmt und alle Amplituden durch diesen Wert dividiert (Schandry, 1996).

4.6.1.3 Atemfrequenz

Die Einheit der Atemfrequenz war Atemzüge $\times 10 \text{ s}^{-1}$. Die Atemzüge wurden innerhalb eines zehn Sekunden Intervalls vor bzw. beginnend mit dem Reizeintritt manuell ausgezählt. Die Differenz der Anzahl der Atemzüge zehn Sekunden vor und beginnend mit dem Reizeintritt wurde berechnet.

4.6.1.4 Frequenz des Lidschlages

Die Einheit der Lidschlagfrequenz war Lidschläge $\times 10 \text{ s}^{-1}$. Die Lidschläge wurden innerhalb eines Intervalls von zehn Sekunden vor bzw. beginnend mit dem Reizeintritt manuell ausgezählt. Die Differenz der Anzahl der Lidschläge des Intervalls zehn Sekunden vor Reizapplikation und die Anzahl der Lidschläge des Intervalls beginnend mit dem Reizeintritt wurde berechnet.

4.6.1.5 Aktivität der Unterarmmuskulatur

Die Muskelspannung wurde in der Einheit μV (mikro Volt) gemessen. Es wurde das RMS (Root Mean Square) integrierte Signal der Muskelspannung in der Zeitspanne von zehn Sekunden vor und beginnend mit dem Reizeintritt bestimmt. Die Differenz zwischen diesen beiden Werten

wurde berechnet, wobei der Mittelwert der Muskelaktivität vor dem Reiz von dem Wert, welcher beginnend mit der Reizapplikation ermittelt worden war, abgezogen wurde.

4.6.1.6 Frequenz des Herzschlages

Die Einheit der Frequenz des Herzschlages war bpm (beats per minute, Schläge pro Minute). Zur Auswertung wurde der Mittelwert der Herzschlagfrequenz über das Intervall der zehn Sekunden vor und der Mittelwert des Intervalles beginnend mit dem Reizeintritt bestimmt und die Differenz berechnet, wobei der Mittelwert der Herzschlagfrequenz vor dem Reiz von dem Wert, welcher beginnend mit der Reizapplikation ermittelt worden war, abgezogen wurde.

4.6.1.7 Variabilität der Frequenz des Herzschlages

Zur Bestimmung der Variabilität der Herzschlagfrequenz wurde die Standardabweichung der Frequenz des Herzschlages kontinuierlich berechnet. Der Mittelwert der Standardabweichung der Herzschlagfrequenz über das Intervall der zehn Sekunden vor dem Reiz und dem Wert des Intervalles beginnend mit dem Reizeintritt wurde bestimmt und die Differenz berechnet, wobei der Mittelwert der Standardabweichung der Herzschlagfrequenz vor dem Reiz von dem Mittelwert beginnend bei Reizapplikation abgezogen wurde.

4.7 Fragebogenauswertung

Die mit Hilfe des Fragebogens erhobenen Daten wurden zur Auswertung in Exceldatenblätter übertragen.

Um zu bestimmen, welcher Emotion ein bestimmter Geruch zugeordnet wurde, wurden die Werte der zugehörigen Likert-Skalen verglichen. Einem Duft wurde jene Emotion zugeordnet, bei welcher der Proband den höchsten Wert in der Likert-Skala angekreuzt hatte.

Wenn der höchste gewählte Wert zweimal oder öfter angekreuzt wurde, konnte der Geruch keiner Emotion zugeordnet werden. Zur Auswertung, welcher Geruch mit welcher Emotion assoziiert worden war, wurden die Daten aller 30 Versuchspersonen herangezogen.

Zur Bestimmung von Valenz, Intensität und Bekanntheit wurden nur die Daten jener Versuchspersonen herangezogen, deren physiologische Parameter tatsächlich in der Analyse berücksichtigt wurden, damit die Korrelationen berechnet werden konnten.

Zur Auswertung der Benennung und der emotionalen Erinnerung wurden die Aussagen aller 30 Versuchspersonen herangezogen.

4.8 Statistische Auswertung

Der Einfluss der einzelnen Düfte auf die physiologischen Parameter wurde mit Hilfe von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung (ANOVAs) untersucht. Die Geruchspräsentationen stellten den Messwiederholungsfaktor dar, die sieben Faktorstufen des Messwiederholungsfaktors waren die einzelnen Gerüche sowie die Blindprobe, also „Feuchte Luft“, „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“, „Computer“, „Urin“, „Weihrauch“ und „Wasser“. Die unabhängigen Variablen waren die physiologischen Parameter. Als Nullhypothese H_0 wurde angenommen, dass sich die Mittelwerte der jeweiligen Parameter unter dem Einfluss der Düfte nicht unterschieden. Die Alternativhypothese H_1 besagte, dass sich zumindest zwei Parameter voneinander unterschieden. Mit der einfaktoriellen Varianzanalyse wurde überprüft, ob die Nullhypothese H_0 zugunsten der Alternativhypothese H_1 verworfen werden konnte oder nicht.

Das Testniveau war signifikant, wenn die Werte von $P \leq 0.05$ waren, die Wahrscheinlichkeit für ein zufälliges Zustandekommen der Werte lag dann bei fünf Prozent (Irrtumswahrscheinlichkeit) oder weniger. Ein Trend bestand bei Werten von $0.05 < P \leq 0.1$, was bedeutete, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit zwischen fünf und zehn Prozent lag. Bei $P > 0.1$ gab es keinen Unterschied zwischen den Mittelwerten.

Die Freiheitsgrade wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert (Timischl, 2000; Bortz, 2005).

Wenn das Ergebnis der ANOVA einen signifikanten Unterschied zeigte, wurde das LSD-Verfahren – ein post-hoc-Test für wiederholte Messungen – eingesetzt, um festzustellen, welche Mittelwertsunterschiede für den signifikanten Unterschied verantwortlich waren. Hierzu

wurden alle Mittelwerte einzeln miteinander verglichen. Das individuelle Signifikanzniveau für das LSD-Verfahren lag bei $P \leq 0.05$ (Timischl, 2000).

Falls das Ergebnis der ANOVA keinen signifikanten Unterschied, jedoch einen Trend zeigte, wurde der post-hoc-Test nach Bonferroni angewandt, um zu prüfen, ob sich einzelne Mittelwerte voneinander unterschieden. Der Test nach Bonferroni stellte sicher, dass die Gesamtirrtumswahrscheinlichkeit nicht größer als fünf Prozent war (Timischl, 2000).

Der Zusammenhang zwischen den physiologischen Parametern und der Valenz, der Intensität und der Bekanntheit wurde durch die zweiseitige Korrelationsanalyse nach Pearson untersucht. Die lineare Abhängigkeit zwischen zwei kontinuierlichen Variablen wurde durch den Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten r nach Pearson untersucht, wobei Werte zwischen +1 und -1 möglich waren. Das Signifikanzniveau liegt bei $P \leq 0.05$. Um festzustellen, ob eine Korrelation durch den Einfluss einer dritten Variablen auftrat oder ob eine dritte Variable eine vorhandene Korrelation verschleierte und eine Korrelation so nicht sichtbar wurde, wurden partielle Korrelationen berechnet (Bortz, 2005; Sachs, 1997; Timischl, 2000).

Mit Hilfe des χ^2 -Tests wurde untersucht, welcher Geruch mit welcher Basisemotion assoziiert wurde. Der χ^2 -Test ist ein nicht-parametrischer Test. Die Nullhypothese H_0 besagte in diesem Fall, dass jeder Geruch jeder Basisemotion gleich oft zugeordnet wurde. Wenn die Nullhypothese H_0 bei einem Signifikanzniveau von $P \leq 0.05$ verworfen werden konnte, wurde der Geruch mit einer speziellen Basisemotion assoziiert.

5 Ergebnisse

5.1 Physiologische Parameter

5.1.1 Hauttemperatur

Die Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) ergab keinen signifikanten Haupteffekt. Die Mittelwerte der Hauttemperaturdifferenz in Abhängigkeit von den präsentierten Gerüchen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Die Korrelationen zwischen der Hauttemperatur und der hedonischen Valenz, der Intensität sowie der Bekanntheit zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

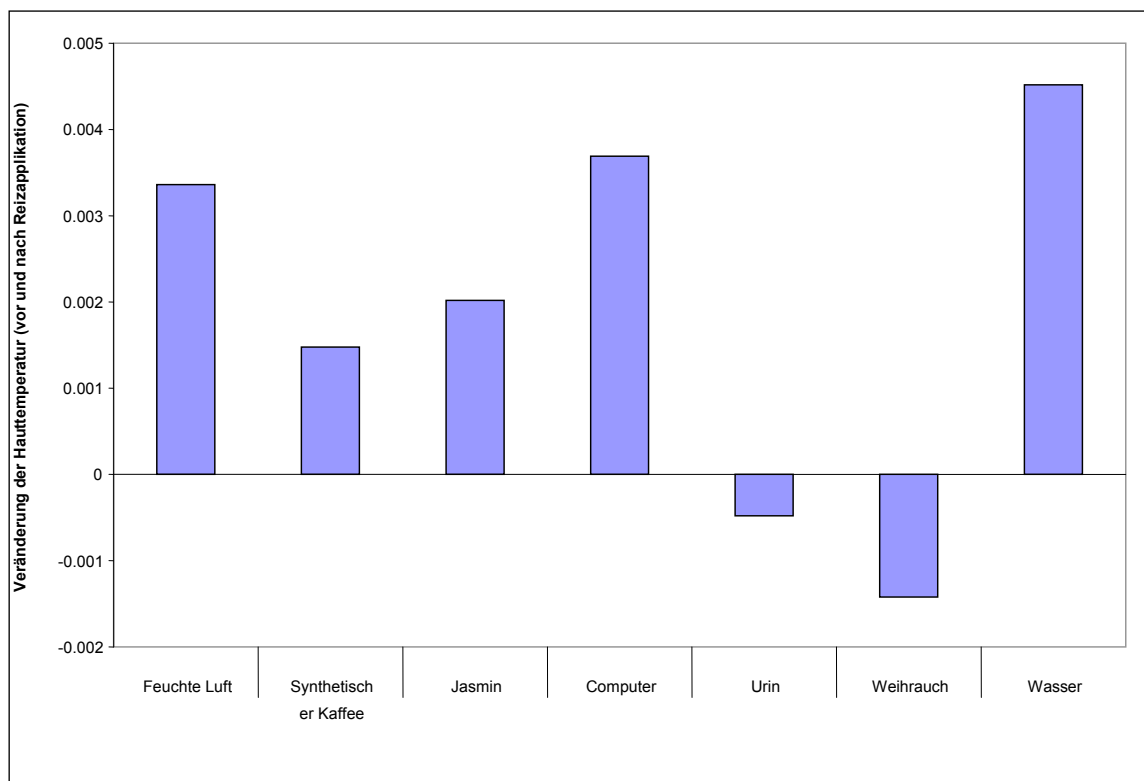


Abbildung 1: Mittlere Differenzwerte der Hauttemperatur vor und nach Reizung mit den verschiedenen Düften

5.1.2 Hautleitfähigkeit

Die Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) zeigte einen signifikanten Haupteffekt ($F_{2.619, 44.522} = 12.088$, $P = 0.001$). Abbildung 2 zeigt die Mittelwerte der Hautleitfähigkeit in Abhängigkeit von den olfaktorischen Reizen. Die Düfte „Jasmin“ und „Synthetischer Kaffee“ zeigten die größten Amplitudenwerte.

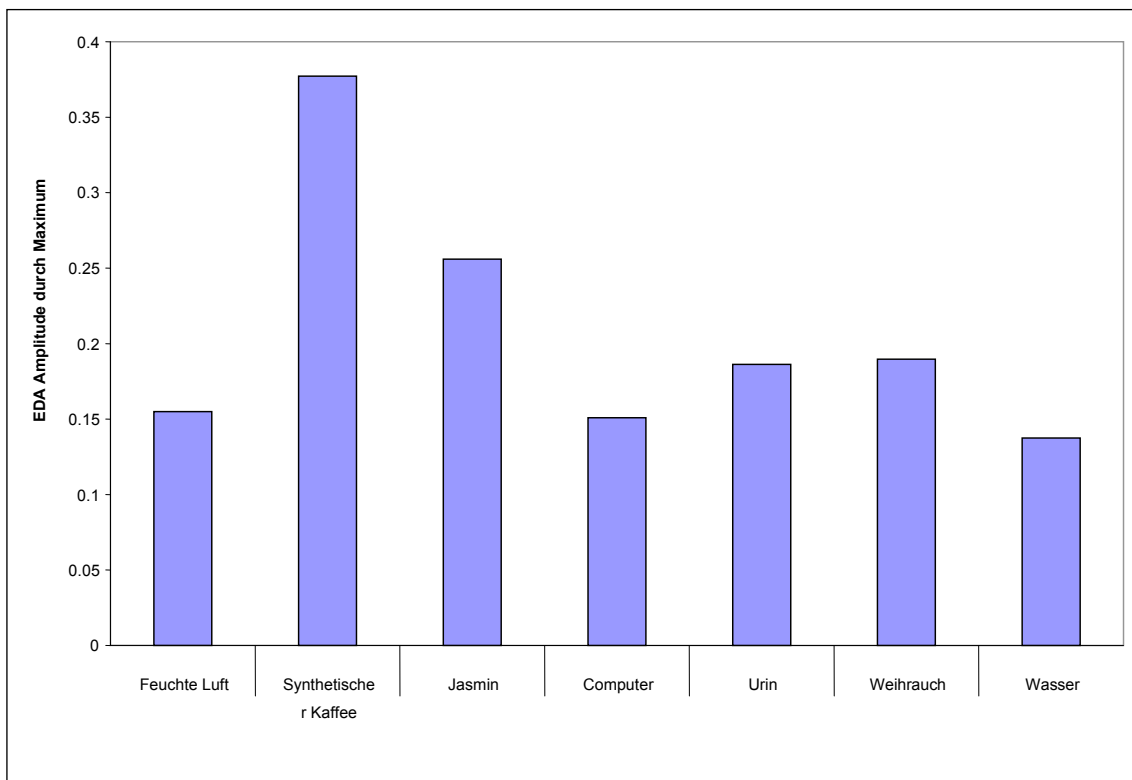


Abbildung 2: Mittelwerte der Hautleitfähigkeit (Amplitude) in Abhängigkeit von der olfaktorischen Stimulation

Die post hoc durchgeführten T-Tests differenzierten den Geruch „Synthetischer Kaffee“ von allen anderen Gerüchen. „Jasmin“ unterschied sich in den post hoc durchgeführten T-Tests von allen Gerüchen außer von „Urin“ und „Weihrauch“ signifikant, zwischen „Jasmin“ und „Weihrauch“ war aber ein Trend erkennbar. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt. Wurde das Signifikanzniveau nach Bonferroni korrigiert, unterschied sich „Synthetischer Kaffee“ von „Feuchter Luft“, „Computer“, „Urin“, „Weihrauch“ und „Wasser“, der Duft „Jasmin“ war tendenziell unterschiedlich zu „Synthetischer Kaffee“ (Tabelle 3).

Die Korrelation zwischen der Intensität der Düfte und den Mittelwerten der Hautleitfähigkeit zeigte einen positiven Trend ($R = 0.592$, $P = 0.081$): Je intensiver die Düfte bewertet wurden, desto höher waren die Amplitudenwerte der Hautleitfähigkeit. Diese Ergebnisse werden in Abbildung 3 dargestellt. Wurde diese Korrelation für die hedonische Valenz kontrolliert, zeigte die partielle Korrelation einen signifikanten Wert ($R = 0.750$, $P = 0.043$), die partielle Korrelation zwischen der Intensität und den Mittelwerten der Hautleitfähigkeit, kontrolliert für die Bekanntheit, zeigte ebenfalls einen signifikanten Wert ($R = 0.864$, $P = 0.013$). Die Ergebnisse der partiellen Korrelationen unterstreichen somit den Zusammenhang zwischen der Intensität der Düfte und den Amplitudenwerten der Hautleitfähigkeit. Die Korrelationen zwischen der Hautleitfähigkeit und der hedonischen Valenz sowie der Bekanntheit zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

Post hoc berechnete paarweise Mittelwertsvergleiche für den Kennwert EDA (Amplitude durch Maximum)	P (LSD-korrigiert)	P (Bonferroni-korrigiert)
Synthetischer Kaffee/Feuchte Luft	0.001	0.001
Synthetischer Kaffee/Jasmin	0.002	0.051
Synthetischer Kaffee/Computer	0.001	0.001
Synthetischer Kaffee/Urin	0.002	0.047
Synthetischer Kaffee/Weihrauch	0.001	0.019
Synthetischer Kaffee/Wasser	0.001	0.001
Jasmin/Feuchte Luft	0.019	0.391
Jasmin/Computer	0.005	0.099
Jasmin/Weihrauch	0.059	1.000
Jasmin/Wasser	0.012	0.255

Tabelle 3: Paarweiser Vergleich der mittleren Amplitudenwerte der Hautleitfähigkeit nach Präsentation der verschiedenen Düfte

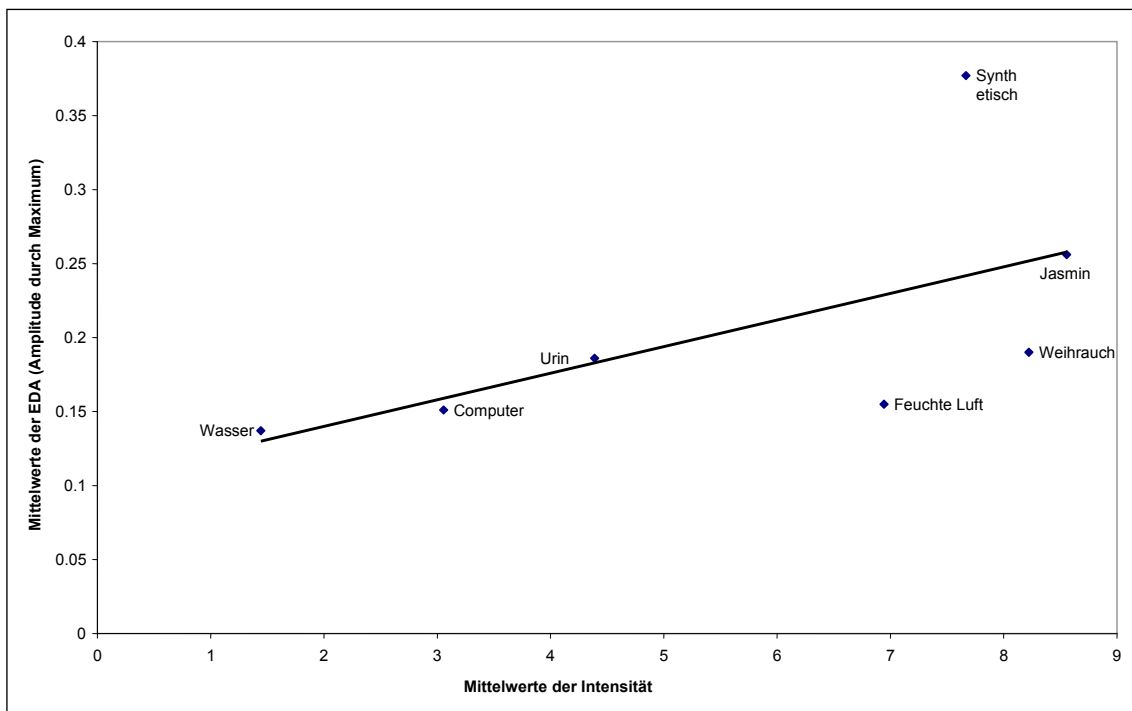


Abbildung 3: Positive Korrelation der Mittelwerte der Hautleitfähigkeit mit jenen der Intensität der verschiedenen Düfte

5.1.3 Atemfrequenz

Die Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) ergab keinen signifikanten Haupteffekt. Die mittlere Veränderung der Atemfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften ist in Abbildung 4 dargestellt.

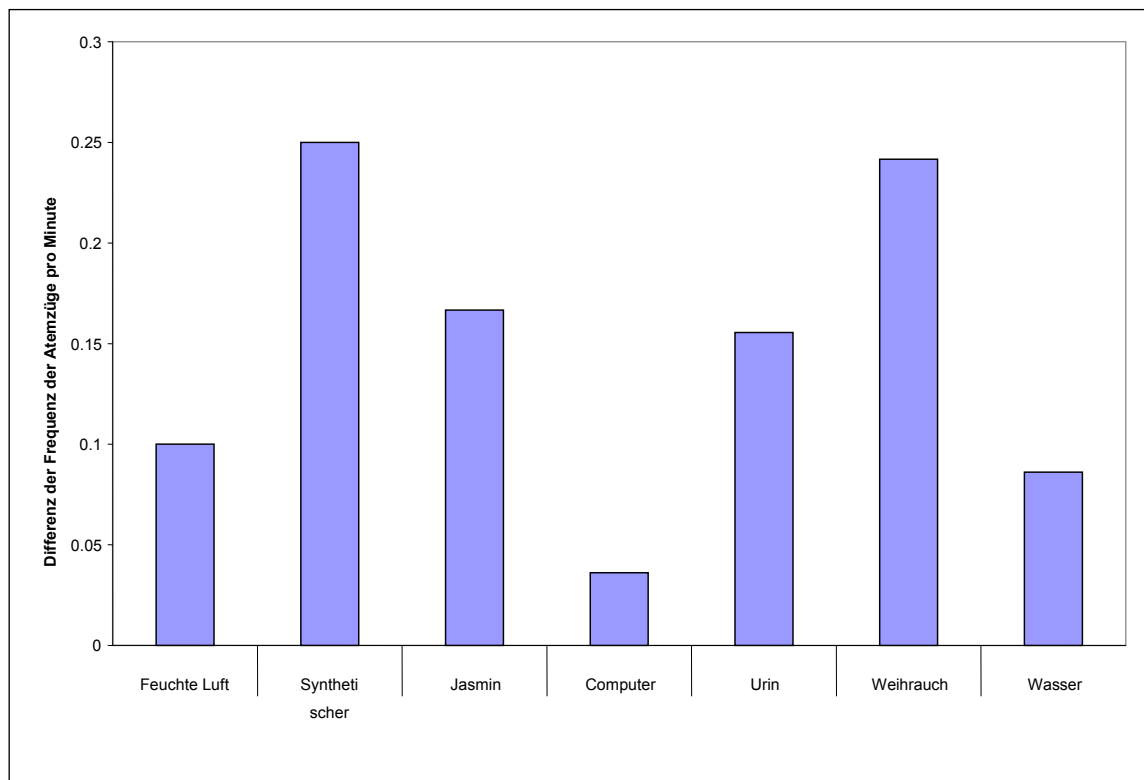


Abbildung 4: Mittlere Differenzwerte der Atemfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften

Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen der Intensität des Duftes und der Atmung: Alle Düfte führten zu einer Zunahme der Atemfrequenz. Diese Zunahme war umso stärker ausgeprägt, je intensiver der Duft bewertet wurde. Diese positive Korrelation zwischen der Atmung und der Intensität der Düfte ($R = 0.733$, $P = 0.030$) blieb signifikant, wenn für die Valenz ($R = 0.802$, $P = 0.027$) oder für die Bekanntheit ($R = 0.775$, $P = 0.035$) kontrolliert wurde.

Zwischen der Bekanntheit oder der Valenz eines Duftes und der Atemfrequenz wurden keine signifikanten Korrelationen festgestellt.

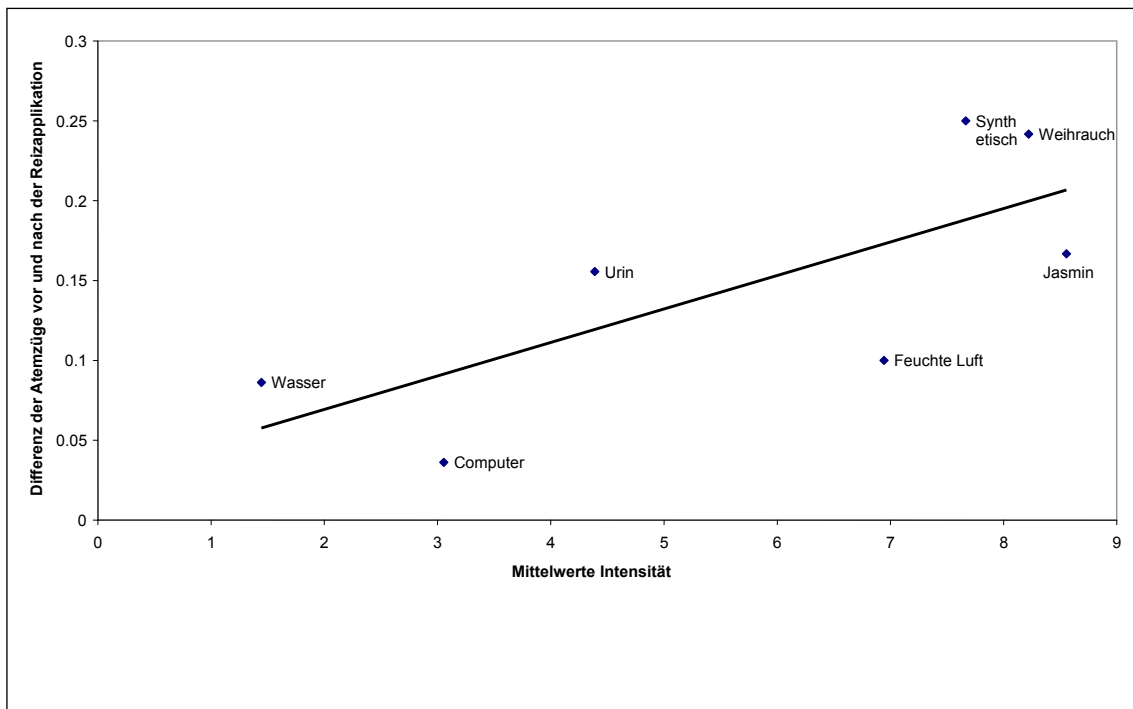


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen der Differenz der Mittelwerte der Atemfrequenz und jenen der Intensität der verschiedenen Düfte

5.1.4 Frequenz des Lidschlages

Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, schien die Anzahl der Lidschläge nach der Applikation von angenehmen Gerüchen zu steigen und bei unangenehmen Gerüchen zu sinken. Allerdings zeigte die einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) keinen signifikanten Haupteffekt.

Die Korrelationen zwischen der Hauttemperatur und der hedonischen Valenz, der Intensität sowie der Bekanntheit zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

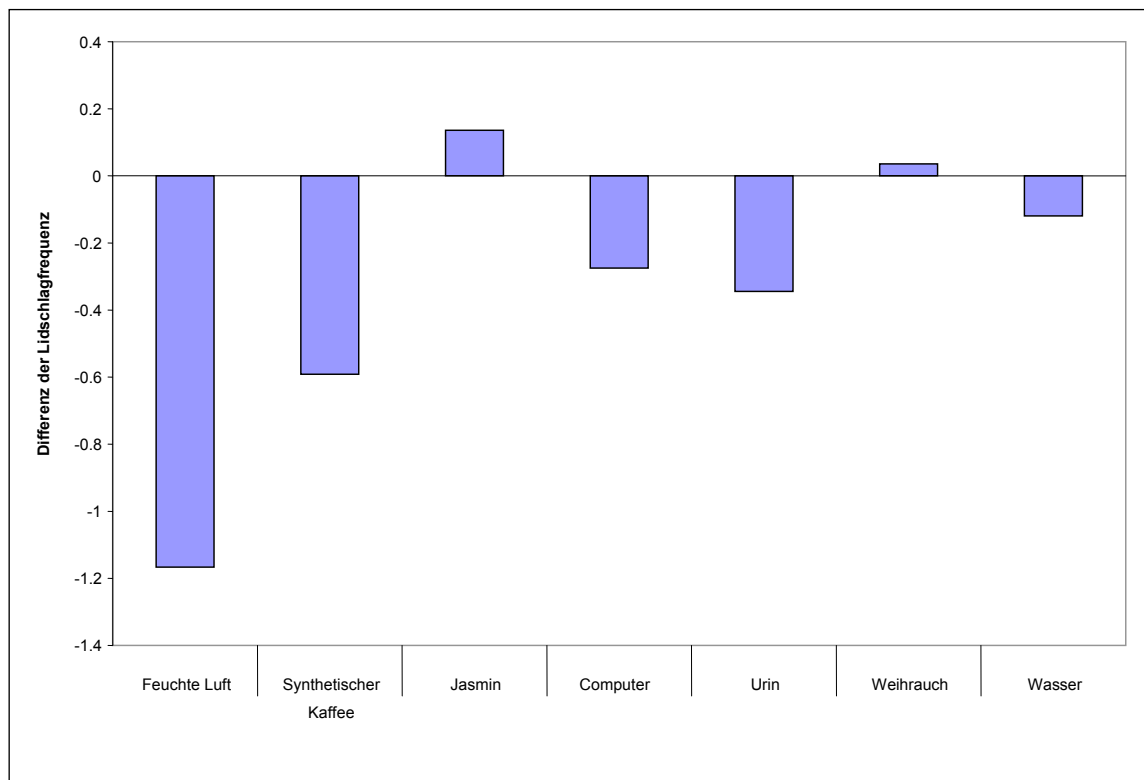


Abbildung 6: Mittlere Differenzwerte der Lidschlagfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften

5.1.5 Aktivität der Unterarmmuskulatur

Die Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) ergab keinen signifikanten Haupteffekt. Die mittleren Differenzwerte der Aktivität der Unterarmmuskulatur vor und nach der Applikation der einzelnen Düfte sind in Abbildung 7 dargestellt.

Die Korrelationen zwischen der Aktivität der Unterarmmuskulatur und der hedonischen Valenz, der Intensität sowie der Bekanntheit zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

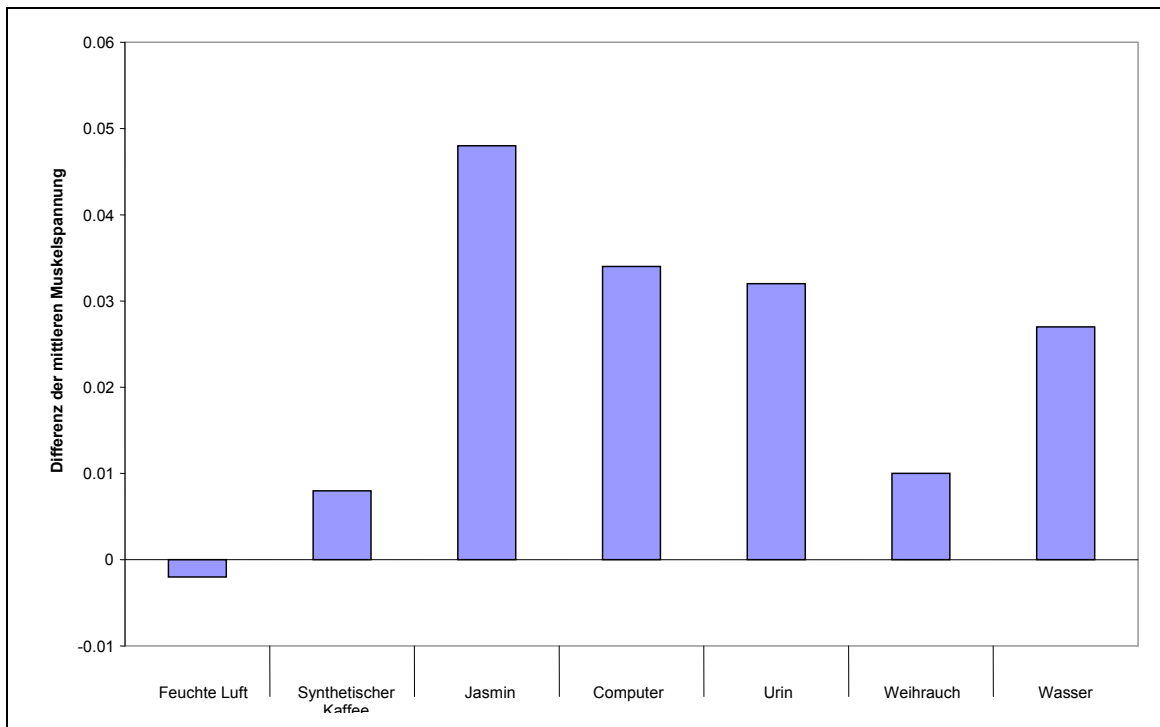


Abbildung 7: Mittlere Differenzwerte der Muskelspannung in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften

5.1.6 Frequenz des Herzschlages

Die Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) ergab keinen signifikanten Haupteffekt. Die mittlere Differenz der Anzahl der Herzschläge vor und nach der Applikation der einzelnen Düfte ist in Abbildung 8 dargestellt.

Die Korrelationen zwischen der Frequenz des Herzschlages und der hedonischen Valenz, der Intensität sowie der Bekanntheit zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

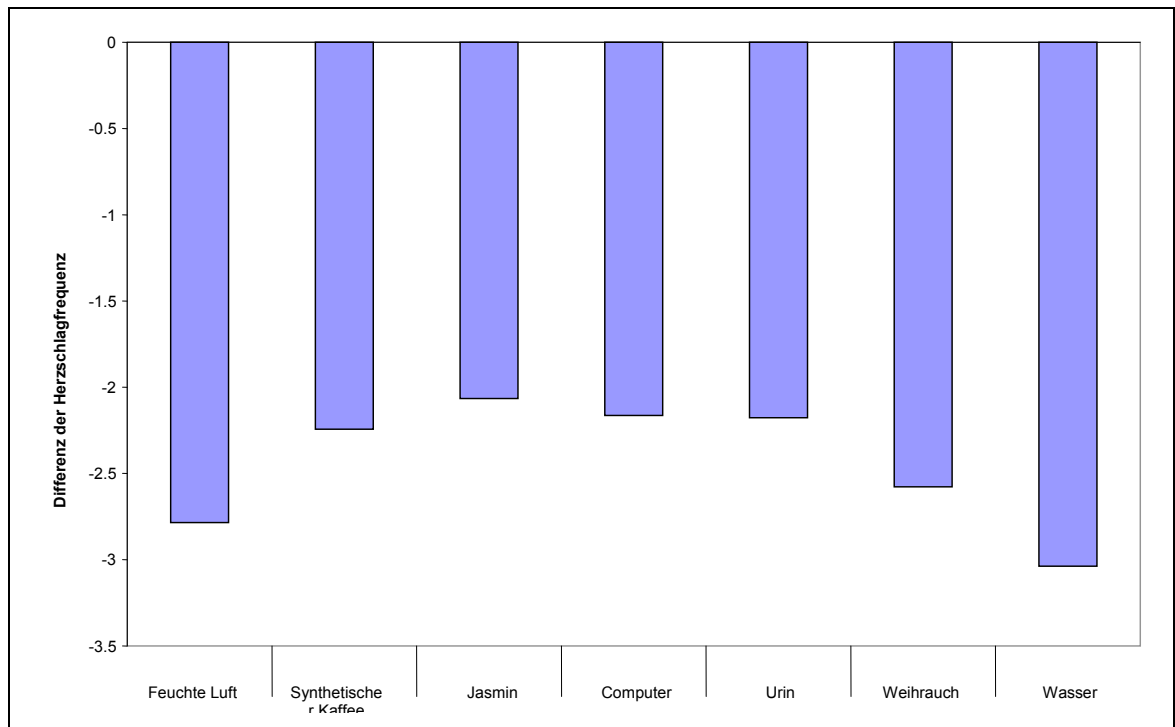


Abbildung 8: Mittlere Differenzwerte der Herzschlagfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften

5.1.7 Variabilität der Frequenz des Herzschlages

Die Berechnung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) ergab keinen signifikanten Haupteffekt. Die Mittelwerte der Standardabweichungen der Herzfrequenz der einzelnen Düfte sind in Abbildung 9 dargestellt.

Die Korrelationen zwischen der Variabilität der Frequenz des Herzschlages und der hedonischen Valenz, der Intensität sowie der Bekanntheit zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen.

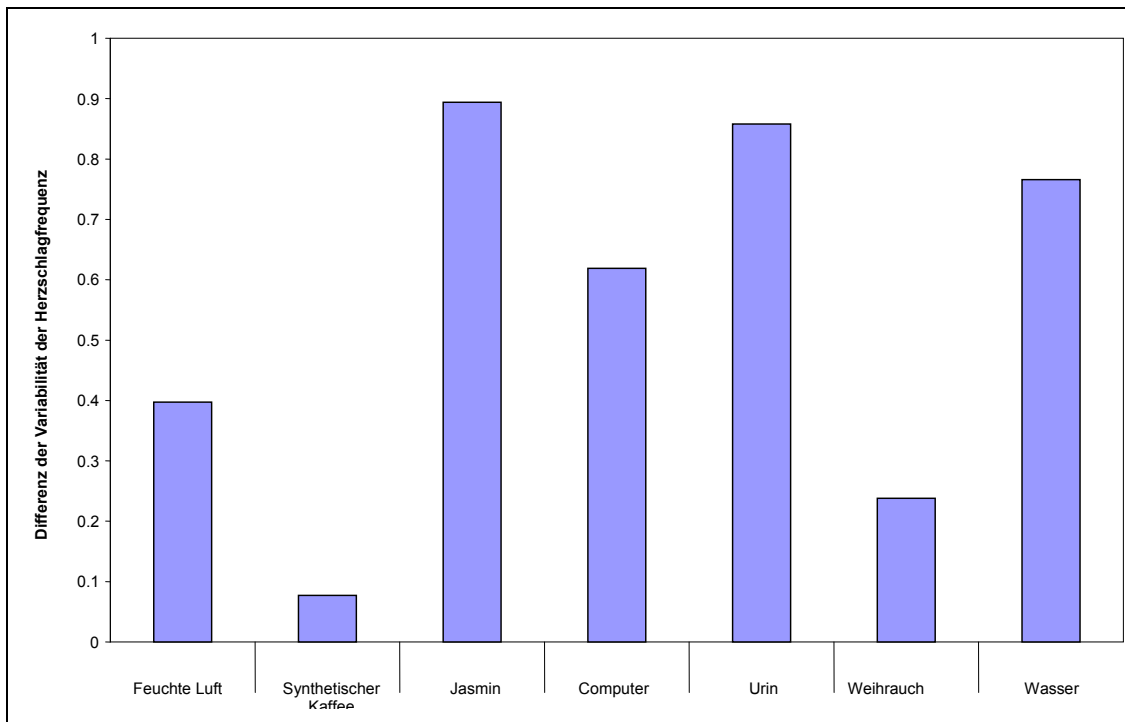


Abbildung 9: Mittlere Differenzwerte der Standardabweichungen der Herzschlagfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften

5.2 Fragebogen

5.2.1 Assoziation der Gerüche mit den Basisemotionen

Die Untersuchung, welcher Geruch mit welcher Emotion belegt war, erfolgte mit dem χ^2 -Test. Der Test wurde mit allen 30 Versuchspersonen durchgeführt.

Tabelle 4 zeigt die Anzahl der Nennungen der verschiedenen Basisemotionen zu den einzelnen Düften. Die meisten Nennungen erfolgten bei der Emotion „Freude“, gefolgt von den Emotionen „Ekel“ und „Überraschung“. Die wenigsten Nennungen – nämlich keine – wurden der Emotion „Wut“ zugeordnet, die Emotionen „Angst“ und „Trauer“ erhielten wenige Zuordnungen. Der Geruch „Feuchte Luft“, ursprünglich der Emotion „Angst“ zugeordnet, wurde keiner Emotion signifikant zugeordnet. Alle anderen Gerüche wurden einer Emotion signifikant zugeordnet. „Synthetischer Kaffee“, ursprünglich mit „Überraschung“ verknüpft, wurde mit der Emotion

„Ekel“ belegt ($P = 0.001$), „Jasmin“ wurde, wie im Versuchsaufbau geplant, der Emotion „Freude“ zugeordnet ($P = 0.001$). Der Geruch „Computer“ sollte „Wut“ erzeugen, rief aber keine Emotion hervor ($P = 0.001$), der Geruch „Urin“ wurde, wie auch in der Vorstudie, der Emotion „Ekel“ zugeordnet ($P = 0.015$). Der Geruch „Weihrauch“ wurde ausgewählt, um „Trauer“ hervorzurufen, löste bei den Versuchspersonen aber „Freude“ aus ($P = 0.015$). Der Kontrollgeruch „Wasser“ rief bei den Versuchspersonen keine Emotion hervor ($P = 0.001$). Die Gerüche konnten der emotionalen Komponente nach in drei Gruppen eingeteilt werden. Die beiden Gerüche „Synthetischer Kaffee“ und „Urin“ wurden mit der Emotion „Ekel“ in Verbindung gebracht. Drei Gerüche, „Wasser“, „Feuchte Luft“ und „Computer“, riefen keine Emotion hervor. Zwei Gerüche wurden mit der Emotion „Freude“ positiv belegt, nämlich „Jasmin“ und „Weihrauch“.

Zugeordnete Emotion	Feuchte Luft	Synthetischer Kaffee	Jasmin	Computer	Urin	Weihrauch	Wasser
Ekel	7	18	4	2	11	8	2
Freude	9	9	15	7	4	12	5
Trauer	3	1	0	1	0	1	0
Wut	0	0	0	0	0	0	0
Überraschung	7	0	2	5	4	2	1
Angst	0	0	1	1	1	0	1
Keine Emotion zuordenbar	4	2	8	14	10	7	21

Tabelle 4: Anzahl der Nennungen der Basisemotionen zu den einzelnen Düften

5.2.2 Valenz

Die einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) zeigte einen signifikanten Haupteffekt ($F_{3,404, 57.864} = 10.427$, $P = 0.001$). Die Mittelwerte der Valenz der einzelnen Düfte sind in Abbildung 10 dargestellt.

Wie aus Abbildung 10 gut ersichtlich, wurde der Geruch „Synthetischer Kaffee“ als unangenehmster Geruch empfunden, eher neutral bewertet wurden „Urin“, „Wasser“, „Feuchte Luft“ und „Computer“ und „Weihrauch“, während der Geruch „Jasmin“ am beliebtesten war.

Die post hoc durchgeführten paarweisen Vergleiche unterschieden die beiden Gerüche „Synthetischer Kaffee“ und „Jasmin“ von allen anderen Gerüchen und voneinander; die Werte können der Tabelle 5 entnommen werden.

Die Gerüche „Synthetischer Kaffee“ und „Jasmin“ wurden durch die post hoc berechneten paarweisen Vergleiche von allen anderen Gerüchen unterschieden. Somit war der Geruch „Synthetischer Kaffee“ negativ, der Geruch „Jasmin“ positiv belegt; alle anderen Gerüche wurden mehr oder weniger neutral beurteilt.

Wurde das Signifikanzniveau nach Bonferroni korrigiert, unterschied sich der Geruch „Synthetischer Kaffee“ von allen anderen Gerüchen außer von „Urin“, und der Geruch „Jasmin“ unterschied sich von den Gerüchen „Feuchte Luft“, „Urin“ und „Weihrauch“.

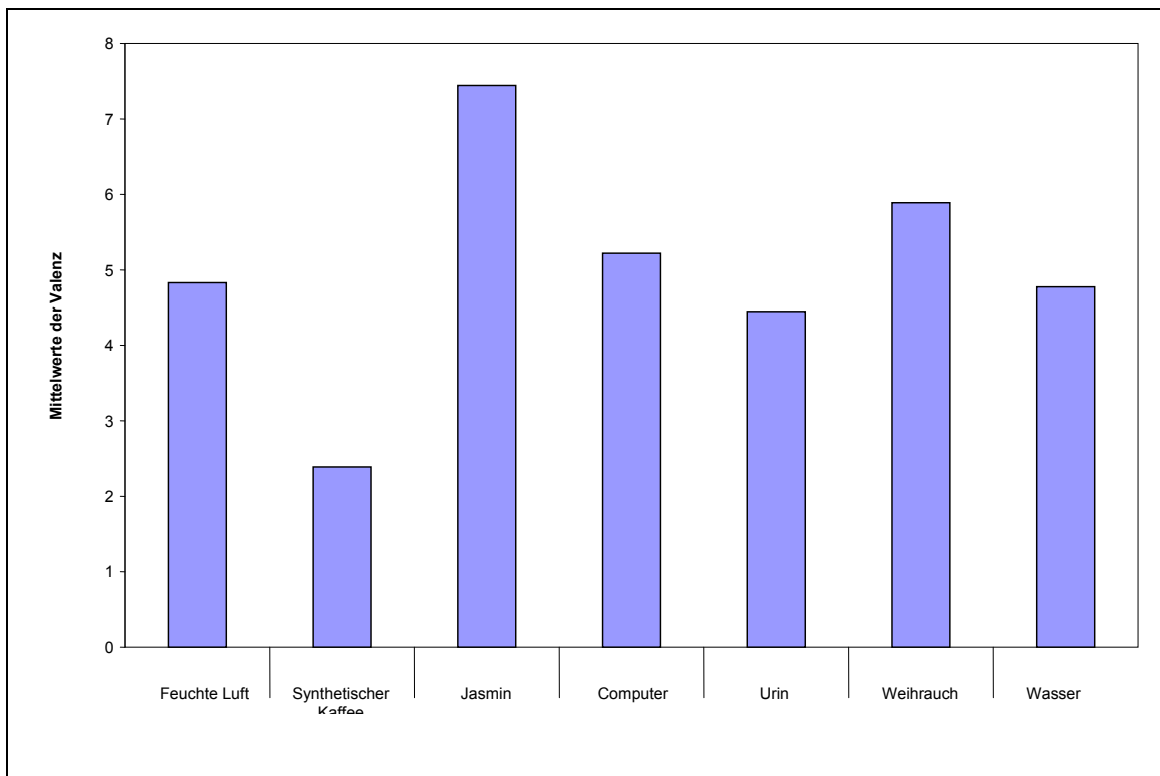


Abbildung 10: Mittelwerte der Valenz der verschiedenen Düfte

Post hoc berechnete paarweise Mittelwertsvergleiche für den Kennwert Valenz	P (LSD-korrigiert)	P (Bonferroni-korrigiert)
Synthetischer Kaffee/Feuchte Luft	0.001	0.023
Synthetischer Kaffee/Jasmin	0.001	0.001
Synthetischer Kaffee/Computer	0.001	0.012
Synthetischer Kaffee/Urin	0.007	0.145
Synthetischer Kaffee/Weihrauch	0.001	0.001
Synthetischer Kaffee/Wasser	0.001	0.003
Jasmin/Feuchte Luft	0.001	0.008
Jasmin/Computer	0.018	0.372
Jasmin/Urin	0.002	0.038
Jasmin/Weihrauch	0.007	0.145
Jasmin/ Wasser	0.001	0.017

Tabelle 5: Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der Valenz der verschiedenen Düfte

5.2.3 Intensität

Die einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) zeigte einen signifikanten Haupteffekt ($F_{4,357, 74.077} = 33.393$, $P \leq 0.001$). Die Mittelwerte der Intensität der einzelnen Düfte sind in Abbildung 11 dargestellt.

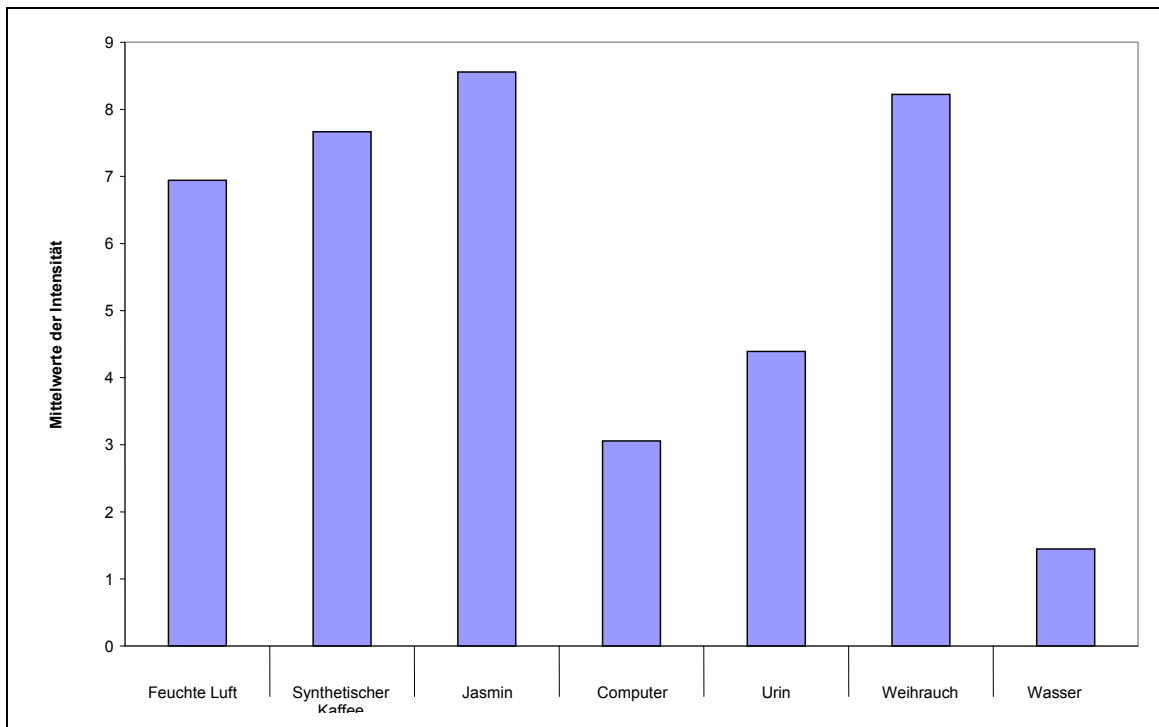


Abbildung 11: Mittelwerte der Intensität der verschiedenen Düfte

Abbildung 11 zeigt, dass der Geruch „Wasser“ am schwächsten wahrgenommen wurde. Auf „Wasser“ folgten „Computer“, „Urin“, „Feuchte Luft“, „Synthetischer Kaffee“ und „Weihrauch“, am stärksten wurde der Geruch „Jasmin“ wahrgenommen. Die post hoc berechneten paarweisen Vergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen dem Geruch „Wasser“ und allen anderen Gerüchen; „Feuchte Luft“ wurde von allen Gerüchen, außer von „Synthetischer Kaffee“, differenziert; sowohl „Computer“ als auch „Urin“ unterschieden sich von „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“ und „Weihrauch“, die Werte können der Tabelle 6 entnommen werden. Die verschiedenen Gerüche können somit in zwei Gruppen geteilt werden: in die starken und schwachen Gerüche, wobei zu Ersteren „Feuchte Luft“, „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“ und „Weihrauch“, zu Zweiteren „Wasser“, „Urin“ und „Computer“ zählen.

Wurden die post hoc berechneten paarweisen Vergleiche nach Bonferroni korrigiert, unterschieden sich alle Gerüche außer „Computer“ von „Wasser“. Der Geruch „Urin“ unterschied sich nur von „Computer“ nicht, und der Geruch „Computer“ unterschied sich nur von den oben genannten Düften, also „Wasser“ und „Urin“, nicht. Die zugehörigen Werte können der Tabelle 6 entnommen werden.

Post hoc berechnete paarweise Mittelwertsvergleiche für den Kennwert Intensität	P (LSD-korrigiert)	P (Bonferroni-korrigiert)
Wasser/Feuchte Luft	0.001	0.001
Wasser/Synthetischer Kaffee	0.001	0.001
Wasser/Jasmin	0.001	0.001
Wasser/Computer	0.017	0.364
Wasser/Urin	0.001	0.027
Wasser/Weihrauch	0.001	0.001
Feuchte Luft/Jasmin	0.006	0.124
Feuchte Luft/Computer	0.001	0.001
Feuchte Luft/Urin	0.001	0.027
Feuchte Luft/Weihrauch	0.044	0.925
Computer/Synthetischer Kaffee	0.001	0.001
Computer/Jasmin	0.001	0.001
Computer/Weihrauch	0.001	0.001
Urin/Synthetischer Kaffee	0.002	0.033
Urin/Jasmin	0.001	0.001
Urin/Weihrauch	0.001	0.006

Tabelle 6: Vergleich der Mittelwerte der Intensität der verschiedenen Düfte

5.2.4 Bekanntheit

Die einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Messwiederholungsfaktor Geruch (sieben Faktorstufen) zeigte einen signifikanten Haupteffekt ($F_{3,982, 63.712} = 10.106$, $P \leq 0.001$). Die Mittelwerte der Bekanntheit der einzelnen Düfte sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Düfte „Jasmin“ und „Weihrauch“ zeigten die größten Amplitudenwerte.

Die post hoc berechneten paarweisen Vergleiche unterschieden „Jasmin“ von allen anderen Gerüchen außer von „Weihrauch“. „Weihrauch“ wiederum wurde von allen Gerüchen, außer von „Jasmin“, unterschieden. Weiters unterschied sich der Geruch „Feuchte Luft“ von „Synthetischer Kaffee“ und „Wasser“; die genauen Werte der einzelnen paarweisen Vergleiche können der Tabelle 7 entnommen werden. Zuzufolge dessen war der Geruch „Wasser“ am wenigsten bekannt; darauf folgten „Urin“, „Synthetischer Kaffee“ und „Computer“, weiters „Feuchte Luft“ und „Weihrauch“, während der Geruch „Jasmin“ am bekanntesten war. Wurden die post hoc durchgeführten paarweisen Vergleiche nach Bonferroni korrigiert, zeigten die Gerüche „Jasmin“ und „Weihrauch“ signifikante Unterschiede zu den Gerüchen „Synthetischer Kaffee“, „Urin“ und

„Wasser“, während zwischen den Gerüchen „Jasmin“ und „Computer“ ein Trend zu beobachten war. Die Werte werden in Tabelle 7 wiedergegeben.

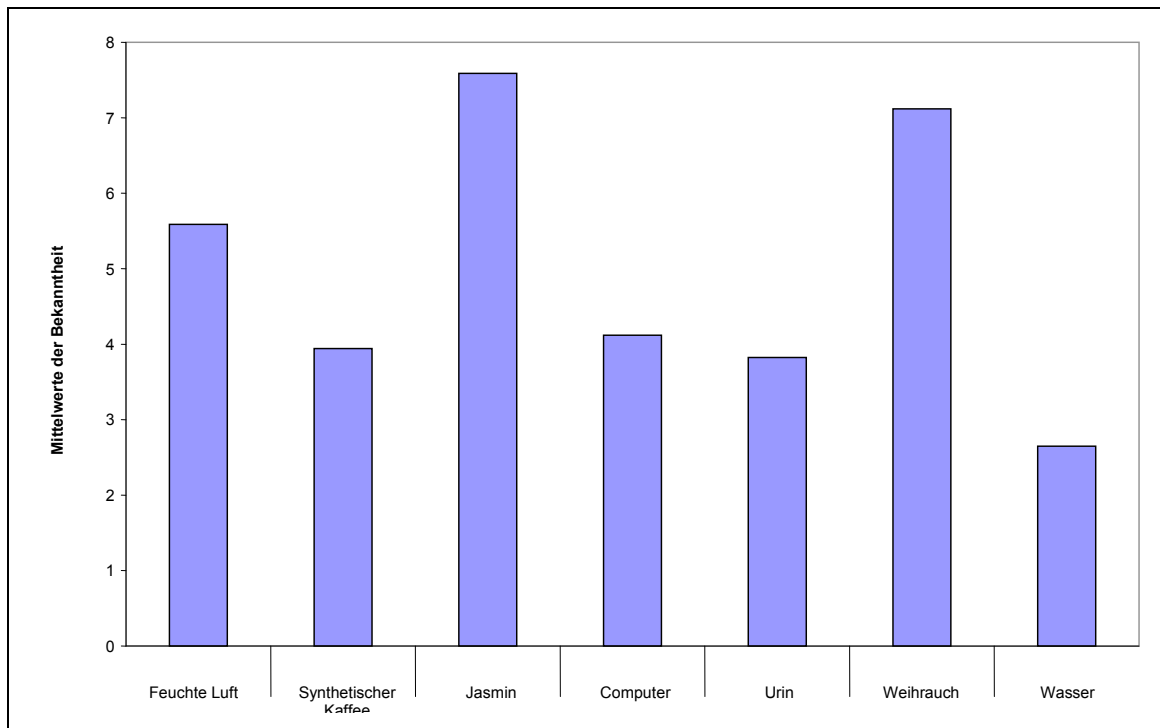


Abbildung 12: Mittelwerte der Bekanntheit der verschiedenen Düfte

Post hoc berechnete paarweise Mittelwertsvergleiche für den Kennwert Bekanntheit	P (LSD-korrigiert)	P (Bonferroni-korrigiert)
Jasmin/Feuchte Luft	0.005	0.102
Jasmin/Synthetischer Kaffee	0.001	0.005
Jasmin/Computer	0.003	0.055
Jasmin/Urin	0.001	0.001
Jasmin/Wasser	0.001	0.001
Weihrauch/Feuchte Luft	0.025	0.527
Weihrauch/Synthetischer Kaffee	0.001	0.003
Weihrauch/Computer	0.014	0.284
Weihrauch/Urin	0.001	0.008
Weihrauch/Wasser	0.001	0.001
Feuchte Luft/Synthetischer Kaffee	0.035	0.745
Feuchte Luft/Wasser	0.005	0.103

Tabelle 7: Vergleich der Mittelwerte der Bekanntheit der verschiedenen Düfte

5.2.5 Düfte: Beschreibungen und Assoziationen

In diesem Teil der Auswertung wurden die Daten aller Versuchspersonen berücksichtigt.

5.2.5.1 „Feuchte Luft“

Der Geruch „Feuchte Luft“ wurde von 16 Versuchsteilnehmern benannt, es gab eine Mehrfachnennung. Kein Teilnehmer nannte den Geruch namentlich; die gewählten Bezeichnungen deuteten aber in Richtung „Feuchte Luft“, wie die genannten Begriffe „Wald“, „Moder“, „feuchte Erde“ und die genannten unterirdisch wachsenden Gemüse zeigten (siehe Tabelle 8).

Benennung des Geruches „Feuchte Luft“	Anzahl der Nennungen
Holz	1
Wald	1
feuchte Erde	1
Humus	1
Knollen (Erdäpfel, rote Rüben)	1
Karotte	1
Moder	2
modrig	1
Schimmel	1
faulendes Schwimmzeug	1
Tiger-Urin	1
Alkohol	1
blumig	1
Flieder	1
Süd-Asien (Essen)	1
Auto	1

Tabelle 8: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Feuchte Luft“

5.2.5.2 „Synthetischer Kaffee“

Der Geruch „Synthetischer Kaffee“ wurde von 13 Versuchsteilnehmern benannt, es gab zwei Mehrfachnennungen. Fünf Personen nannten den Geruch „Kaffee“ namentlich, insgesamt acht Mal wurde „Kaffee“ in der Formulierung verwendet bzw. umschrieben (siehe Tabelle 9).

Benennung des Geruches „Synthetischer Kaffee“	Anzahl der Nennungen
Kaffee	5
Kaffeehaus	1
sehr intensiver Kaffee	1
Mokka/Cappuccino	1
ein bisschen Rauch	1
Bratensaft? Essen?	1
Tunfisch	2
geröstete Erdnüsse	1
Chemielabor	1
Fäkalien	1

Tabelle 9: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Synthetischer Kaffee“

5.2.5.3 „Jasmin“

Der Duft „Jasmin“ wurde von 23 Versuchsteilnehmern benannt, es gab drei Mehrfachnennungen. Eine Person nannte den Geruch „Jasmin“ namentlich, elf Mal wurde der Geruch mit dem Duft von Blüten in Verbindung gebracht (siehe Tabelle 10).

Benennung des Duftes „Jasmin“	Anzahl der Nennungen
Jasmin	1
Flieder	5
Blütenduft	1
Rosenblüten	1
Rose	1
ähnlich Rose, blumig, Blumengarten	1
Veilchen	1
Lack	3
Terpentin	3
Tankstelle	1
Nitroverdünnung	1
Kleber	2
Leim	1
Lösungsmittel im Modellbau	1
Farblösung	1
Klebstoff	1
Nagellack	1

Tabelle 10: Art und Zahl der Benennungen des Duftes „Jasmin“

5.2.5.4 „Computer“

Der Geruch „Computer“ wurde von neun Versuchsteilnehmern benannt, es gab eine Mehrfachnennung. Kein Proband erkannte den Geruch als „Computer“. Zwei Nennungen deuteten darauf hin, dass der unmittelbar zuvor beurteilte, sehr intensive Geruch „Jasmin“ noch nicht abgeklungen war, da eine Person „Jasmin“ und eine andere „Blumen“ als Benennung angab (siehe Tabelle 11).

Benennung des Geruches „Computer“	Anzahl der Nennungen
Klebstoff	1
flüssiger Uhu	1
Sekundenkleber	1
Leim	1
Desinfektionslösung	1
Holz	1
Moder	1
Blumen	1
Jasmin	1
Wasser	1

Tabelle 11: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Computer“

5.2.5.5 „Urin“

Der Geruch „Urin“ wurde von zehn Versuchsteilnehmern benannt, es gab zwei Mehrfachnennungen. Der Geruch „Urin“ wurde namentlich nicht erwähnt, doch die fünf Nennungen „Ammoniak“ (drei Mal genannt), „Sexualhormon“ und „Schweiß“ deuteten auf eine Assoziation hin, siehe Tabelle 12. Eventuell war der vorhergehende Geruch „Computer“ noch nicht ganz abgeklungen, da Benennungen wie „Desinfektionsmittel“ oder „Gemüse“ auf Komponenten dieser Duftmischung hindeuteten. Eine Versuchsperson nahm sogar noch Spuren des Duftes „Jasmin“ wahr.

Benennung des Geruches „Urin“	Anzahl der Nennungen
Ammoniak	3
Sexualhormon (männlich)	1
Schweiß	1
stechend	1
Klebstoff	1
Terpentin	1
putzen	1
Wundbenzin	1
Desinfektionsmittel	1
Gemüse	1
Rettich	1
Blüte?	1

Tabelle 12: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Urin“

5.2.5.6 „Weihrauch“

Der Duft „Weihrauch“ wurde von zwanzig Versuchsteilnehmern benannt, es gab neun Mehrfachnennungen. Ein Mal wurde der Geruch als „Weihrauch“ identifiziert. Alle Beschreibungen des Duftes können der Tabelle 13 entnommen werden.

Benennung des Duftes „Weihrauch“	Anzahl der Nennungen
Weihrauch	1
zitronig	2
Zitrusfrucht	2
Zitronen	1
Melisse	1
Kaugummi	1
Menthol	1
Eukalyptus	1
Thymian	1
Medizin	1
Klebstoff	1
wie Aqua di Parma	1
billiges Parfum	1
Putzmittel	1
Blumen	1
blumig	1
irgendeine Pflanze	1
Fizzers	1
Sauna	1
fruchtig	1
Vitaminpräparat	1
Energydrink	1
Wald	1
Bäume	1
Fichte	2
Tannenzapfen	1
Tannenduft	1
Zirbe	1
Nadelholz	1
Harz	1
Weihnachten	1

Tabelle 13: Art und Zahl der Benennungen des Duftes „Weihrauch“

5.2.5.7 „Wasser“

Der Duft „Wasser“ wurde von sieben Versuchsteilnehmern benannt, es gab eine Mehrfachnennung. Zwei Mal wurde der Kontrollgeruch „Wasser“ namentlich benannt. Eine Person war unsicher, ob es Wasser war, und nahm keinen Geruch wahr. Auch die Nennung „Papier“ war richtungsweisend, da für den Versuch Duftstreifen aus Papier verwendet wurden (siehe Tabelle 14).

Benennung des Duftes „Wasser“	Anzahl der Nennungen
Wasser	2
riecht nach gar nichts (vielleicht Wasser)	1
Luft	1
Papier	1
nasses Holz	1
Holz, Boden	1

Tabelle 14: Art und Zahl der Benennungen des Duftes „Wasser“

5.2.6 Emotionale Erinnerung

5.2.6.1 „Feuchte Luft“

Der Geruch „Feuchte Luft“ wurde von 13 Versuchsteilnehmern mit einer emotionalen Erinnerung in Verbindung gebracht. Eine Person beschrieb mehr als eine Erinnerung. Die Erinnerungen werden in Tabelle 15 wiedergegeben. „Feuchte Luft“ wurde als „alter feuchter Keller“ oder „Schwimmbad“ beschrieben, andererseits wurden die Orte „Keller“ und „Wald“ genannt; somit wurde der Geruch recht gut charakterisiert.

Benennung der emotionalen Erinnerung „Feuchte Luft“	Anzahl der Nennungen
Keller	1
alter feuchter Keller	1
feuchter Wald	1
Schwammerl suchen	1
Natur	1
Erfahrungen in Sri Lanka	1
Kartoffelkeller am Bauernhof bei Verwandten	1
Wohnung alter Leute	1
Wäsche von meiner Tante	1
Tankstellen	1
Schwimmbad	1
Wärme	1
Tierpark	1
nicht benennbar	1

Tabelle 15: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Feuchte Luft“

5.2.6.2 „Synthetischer Kaffee“

Elf Versuchspersonen gaben eine emotionale Erinnerung zum Geruch „Synthetischer Kaffee“ an, zwei Versuchspersonen beschrieben mehr als eine Erinnerung. Es wurden mehrmals Assoziationen zu Altem und Verdorbenem hergestellt: Die Umschreibungen „Farbe: Braun“, „alte Pralinen“ und „saure Milch“ sowie „Haus des Uropas“ oder „Kirche“ passten in dieses Bild (siehe Tabelle 16).

Benennung der emotionalen Erinnerung „Synthetischer Kaffee“	Anzahl der Nennungen
Kaffee mit saurer Milch (abgestanden)	1
alte Pralinen bei meiner Oma	1
Farbe: Braun	1
beim Kaffee zusammen sitzen am Nachmittag	1
Frühstück	1
wie im Haus meines Uropas	1
Kirche	1
Kindheit	1
Essen	2
Pizza	1
Euphorie	1
Chemielabor	1

Tabelle 16: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Synthetischer Kaffee“

5.2.6.3 „Jasmin“

Emotionale Erinnerungen zum Duft „Jasmin“ wurden von 22 Versuchspersonen angegeben, zehn Versuchspersonen beschrieben mehr als eine emotionale Erinnerung. Die genannten emotionalen Erinnerungen werden in Tabelle 17 angeführt.

Benennung der emotionalen Erinnerung „Jasmin“	Anzahl der Nennungen
Garten	1
Blumen	1
Frühling	1
Sommer	1
Blumenstrauß im Vorraum	1
Lavendel	1
Flieder	1
grün	1
Sommerwoche Schule	1
Natur	2
Baden	1
Sonne	1
Feminin	1
„Weiblichkeit“	1
„Mütterlichkeit“	1
Vater	1
renovieren	1
basteln	1
basteln als Kind	1
Modellbau	1
Ölfarben mischen in der Schule	1
Lackdosen	1
Terpentin	1
schnüffeln	1
Autoreifen	1
Einzug in Wohnung	1
Baustelle	1
Kindheit	3
Schule	1
Volksschulzeit	1
Erwartung	1
Abwechslung	1
Freude	2
ja	1

Tabelle 17: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Duftes „Jasmin“

5.2.6.4 „Computer“

Sechs Mal wurde eine emotionale Erinnerung zum Geruch „Computer“ angegeben, es gab keine Mehrfachnennung. Keine der beschriebenen Erinnerungen führte zu einer Assoziation mit dem Begriff „Computer“ (siehe Tabelle 18).

Benennung der emotionalen Erinnerung „Computer“	Anzahl der Nennungen
Krankenhaus	1
basteln	2
Werkunterricht	1
Reisen	1
ja, ?	1

Tabelle 18: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Computer“

5.2.6.5 „Urin“

Acht Mal wurde eine emotionale Erinnerung zum Geruch „Urin“ angegeben, es gab eine Doppelnennung. Die Erinnerung „Stall ausmisten“ könnte mit „Urin“ assoziiert werden, „Achselgeruch Männer“ und „Arbeit“ deuteten auf das wahrgenommene Hormon hin (siehe Tabelle 19).

Benennung der emotionalen Erinnerung „Urin“	Anzahl der Nennungen
Achselgeruch Männer	1
Arbeit	1
Natur	1
Krankenhaus	1
Labor	1
Stall ausmisten	1
Baumarkt	1
Bauhaus	1
Kindheit: Entfernung von Pflasterresten von der Mutter unterstützen	1

Tabelle 19: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Urin“

5.2.6.6 „Weihrauch“

Von den 15 emotionalen Erinnerungen zum Duft „Weihrauch“ erfolgten zehn als Mehrfachnennungen. Die unterschiedlichen Benennungen der emotionalen Erinnerungen können Tabelle 20 entnommen werden.

Benennung der emotionalen Erinnerung „Weihrauch“	Anzahl der Nennungen
Adventzeit	1
Weihnachten	2
Freude	1
Familie	1
Begegnung mit einer eingebildeten, stolzen, alten Dame	1
Parfum eines Erwachsenen	1
Duftöle	1
Saunaöl der Eltern	1
Zirbenschnaps	1
Baden	1
Putzmittel	1
Angst vor Verletzung	1
Schmerz	1
krank sein	1
Medizin	1
Arzt	1
klinisch sauber	1
Schullabor	1
Kindheit	3
schönes Wetter	1
spazieren	1
Wald	2
Waldspaziergang	1

Tabelle 20: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Duftes „Weihrauch“

5.2.6.7 „Wasser“

Drei Versuchspersonen gaben eine emotionale Erinnerung zum Geruch „Wasser“ an, zwei nannten mehr als eine emotionale Erinnerung. Zwei Nennungen beschrieben den Geruch „Wasser“ eindeutig: „Bach“ und „fließendes Wasser“ (siehe Tabelle 21).

Benennung der emotionalen Erinnerung „Wasser“	Anzahl der Nennungen
arbeiten	1
handwerken	1
wandern	1
Waldspaziergang	1
Bach	1
fließendes Wasser	1

Tabelle 21: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Duftes „Wasser“

6 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde die Entstehung der sechs Basisemotionen – Angst, Überraschung, Freude, Wut, Ekel und Trauer – nach Stimulation durch ausgewählte stadttypische Gerüche („Stadtgerüche“), welche mit den einzelnen Basisemotionen in Verbindung gebracht worden waren, anhand von Reaktionsmustern des autonomen Nervensystems untersucht. Dazu wurden die Gerüche „Feuchte Luft“ (Angst), „Synthetischer Kaffee“ (Überraschung), „Jasmin“ (Freude), „Computer“ (Wut), „Urin“ (Ekel) und „Weihrauch“ (Trauer) sowie Wasser als Kontrolle insgesamt fünf Mal in randomisierter Reihenfolge mit Hilfe von Papierstreifen präsentiert und ausgewählte physiologische Parameter – Hauttemperatur, Hautleitfähigkeit, Atemfrequenz, Aktivität der Unterarmmuskulatur, Lidschlagfrequenz, Herzschlagfrequenz und Variabilität der Herzschlagfrequenz – an 15 weiblichen und 15 männlichen Probanden erfasst. Aufgrund der physiologischen Reaktionen nach der Stimulation mit den emotional konnotierten Gerüchen konnten keine für die einzelnen Basisemotionen spezifischen autonomen Reaktionsmuster identifiziert werden.

Die Auswertung der physiologischen Parameter zeigte einen signifikanten Einfluss der Gerüche auf die Amplitude der Hautleitfähigkeitsreaktion. Der Geruch „Synthetischer Kaffee“ führte zu einer hohen EDA-Amplitude, die eindeutig von den anderen Duftstimuli unterscheidbar war, und auch der Duft „Jasmin“ unterschied sich von fast allen anderen Gerüchen. Diese Unterschiede zwischen den verschiedenen Duftstimuli konnten tendenziell mit der Intensität der Gerüche korreliert werden: Sowohl „Synthetischer Kaffee“ als auch „Jasmin“ wurden als intensive Düfte bewertet. Die Hautleitfähigkeit ist ein Maß für die Aktivierung des Sympathikus, da die Hautleitfähigkeit vom Füllungsstatus der Schweißdrüsen abhängig ist, welche ausschließlich durch den Sympathikus innerviert werden (Critchley, 2002; Sequeira et al., 2009). Somit scheinen intensive Düfte den Sympathikus stärker zu aktivieren als schwache Gerüche. Dieses Ergebnis stimmt mit Untersuchungen von Møller und Dijksterhuis (Møller & Dijksterhuis, 2003) sowie Heuberger und Kollegen (Heuberger et al., 2001) überein. Die Ergebnisse von Brand und Kollegen (Brand et al., 2000) und Delplanque und Kollegen (Delplanque et al., 2009) hingegen formulieren die These, dass die Amplitudenhöhe von der hedonischen Valenz abhängig sei. In der vorliegenden Studie konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen der hedonischen Valenz und der Amplitudenhöhe der Hautleitfähigkeit festgestellt werden.

Zwischen der Intensität der Düfte und der Atemfrequenz zeigte sich folgender Zusammenhang: Alle Düfte führten zu einer Steigerung der Atemfrequenz, wobei diese Steigerung umso stärker ausgeprägt war, je intensiver ein Duft bewertet wurde.

Die Auswertung der Zuordnungen der einzelnen olfaktorischen Stimuli zu den sechs Basisemotionen ergab, dass die beiden Gerüche „Synthetischer Kaffee“ und „Urin“ mit der Emotion „Ekel“ belegt wurden; die Gerüche „Jasmin“ und „Weihrauch“ wurden mit der Emotion „Freude“ belegt, während die drei Gerüche „Wasser“, „Feuchte Luft“ und „Computer“ keine Emotion hervorriefen. Die Gerüche „Jasmin“ und „Urin“ wurden hypothesenkonform den Basisemotionen „Freude“ beziehungsweise „Ekel“ zugeordnet, und „Wasser“, der Kontrollgeruch, wurde, wie ursprünglich beabsichtigt, keiner Emotion signifikant zugeordnet. „Synthetischer Kaffee“ und „Weihrauch“ wurden entgegen der ursprünglichen Planung nicht den Emotionen „Überraschung“ und „Trauer“, sondern den Emotionen „Ekel“ und „Freude“ zugeordnet. Somit wurde mit den Emotionen „Überraschung“, „Wut“, Trauer“ und „Angst“ kein Geruch signifikant assoziiert. Die fehlende verbale Zuordnung zu vier der sechs Basisemotionen könnte ein Grund sein, warum die Differenzierung der sechs Basisemotionen mit Hilfe psychophysiologischer Parameter in der vorliegenden Studie nicht gelang.

Wurden die Ergebnisse für die hedonische Geruchswalenz ausgewertet, unterschieden sich die Gerüche „Synthetischer Kaffee“ und „Jasmin“ voneinander und von allen anderen Gerüchen signifikant, wobei der Geruch „Synthetischer Kaffee“ negativ und der Geruch „Jasmin“ positiv beurteilt wurden. Die übrigen Gerüche wurden mehr oder weniger als neutral beurteilt. Somit belegten die Versuchspersonen positiv bewertete Gerüche mit der Emotion „Freude“ und negativ empfundene Gerüche mit der Emotion „Ekel“. Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen von Alaoui-Ismaïli und Kollegen (Alaoui-Ismaïli et al., 1997) überein. In der genannten Studie belegten die Probanden positiv empfundene Gerüche mit der Emotion „Freude“, während negativ empfundene Gerüche mit den Emotionen „Wut“ und „Ekel“ in Verbindung gebracht wurden.

Hinsichtlich der Intensität der präsentierten Stimuli unterschied sich der Geruch „Wasser“ signifikant von allen anderen Gerüchen, „Feuchte Luft“ wurde von allen Gerüchen außer von „Synthetischer Kaffee“ differenziert und sowohl „Computer“ als auch „Urin“ unterschieden sich von den Düften „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“ und „Weihrauch“. Somit konnten die verschiedenen Gerüche der Intensität nach in drei Gruppen geteilt werden: in die starken, mittelstarken und schwachen Gerüche, wobei zu Ersteren „Feuchte Luft“, „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“ und „Weihrauch“, zu Zweiteren „Urin“ und „Computer“ und zu Letzteren „Wasser“ zählten, wobei der Kontrollgeruch „Wasser“ am schwächsten und „Jasmin“ am stärksten wahrgenommen wurden.

Hinsichtlich der Bekanntheit der olfaktorischen Reize unterschieden sich die Gerüche „Jasmin“ und „Weihrauch“ von allen anderen Gerüchen, nur voneinander nicht. Der Geruch „Feuchte Luft“ wurde von „Synthetischer Kaffee“ und „Wasser“ differenziert. Die Gerüche „Jasmin“ und

„Weihrauch“ waren die bekanntesten Gerüche und der Kontrollgeruch „Wasser“ war hypothesenkonform am wenigsten bekannt.

Die Auswertung der Geruchsbenennungen zeigte, dass die Gerüche „Jasmin“ und „Weihrauch“ oft benannt wurden. Die Gerüche „Synthetischer Kaffee“, „Jasmin“, „Weihrauch“ und „Wasser“ wurden namentlich genannt, die Gerüche „Feuchte Luft“, „Computer“ und „Urin“ wurden nicht richtig benannt. Der Geruch „Feuchte Luft“ wurde oft mit Wald und Moder in Verbindung gebracht, „Computer“ mit Klebstoff und der Geruch „Urin“ am ehesten mit Ammoniak assoziiert. Die meisten Versuchsteilnehmer, die einen Geruch benannten, gaben auch eine emotionale Erinnerung an. Bereits Aristoteles (Aristoteles, 384 – 324 v. Chr. In Ohloff, 2004) erkannte, dass Gerüche immer von emotionalen Erinnerungen begleitet sind.

Auffallend war, dass ein Geruch umso häufiger benannt werden konnte, je bekannter dieser Geruch bewertet wurde. Die drei bekanntesten Gerüche „Feuchte Luft“, „Jasmin“ und „Weihrauch“ wurden von mehr als der Hälfte der Versuchsteilnehmer benannt, die übrigen Gerüche „Synthetischer Kaffee“, „Computer“ und „Weihrauch“, welche wenig bekannt waren, wurden von weniger als der Hälfte der Versuchspersonen benannt.

Das Ziel der Untersuchung – die Auslösung der sechs Basisemotionen durch unterschiedliche Stadtgerüche und die Diskrimination der einzelnen Emotionen mit Hilfe von psychophysiologischen Parametern – wurde in der vorliegenden Studie nicht erreicht. Lediglich die Amplitudenhöhe der Hautleitfähigkeit stand in Zusammenhang mit der subjektiv bewerteten Intensität der Duftstimuli und erlaubte eine Unterscheidung intensiver von weniger intensiven Gerüche. Dieses Ergebnis wurde bereits in vorangegangenen Untersuchungen beschrieben (Heuberger et al., 2001; Møller & Dijksterhuis, 2003). Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis ist, dass die ausgewählten olfaktorischen Stimuli nicht spezifisch genug für die zugeordneten Emotionen waren und daher bei den Versuchspersonen in Abhängigkeit von individuellen Erfahrung in Zusammenhang mit diesen Gerüchen eine Reihe unterschiedlicher Basisemotionen auslösten (Vernet-Maury et al., 1997; Robin et al., 1999).

7 Literaturverzeichnis

Alaoui-Ismaïli O, Robin O, Rada H, Dittmar A, Vernet-Maury E. Basic Emotions Evoked by Odorants Comparison Between Autonomic Responses and Self-Evaluation. *Physiology & Behavior*. 1997; **62** (4): 713-720.

Albrecht J, Wiesmann M. Das olfaktorische System des Menschen. *Nervenarzt*. 2006; **77** (8): 931-939.

Aristoteles, 384 – 324 v. Chr. In: Ohloff G. Düfte: Signale der Gefühlswelt: Signale Der Gefühlswelt. 1. Aufl. Helvetica Chimica Acta; 2004.

Birbaumer N, Schmidt R F. Biologische Psychologie. 6. Aufl. Springer-Verlag GmbH; 2005.

Bortz J. Statistik: Für Human- und Sozialwissenschaftler. 6. Aufl. Springer-Verlag GmbH; 2005.

Boucsein W. Elektrodermale Aktivität. Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Springer, Berlin; 1988.

Brand G. Comparaison des réponses électrodermales bilatérales lors de stimulations olfactives monorhinales et birhinales. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Series III – Sciences de la Vie*. 2000; **323** (11): 959-965.

Buck L. The Molecular Architecture of Odor and Pheromone Sensing in Mammals. *Cell*. 2000; **100** (6): 611-618.

Cacioppo J T, Tassinary L G. Inferring psychological significance from physiological signals. *American Psychologist*. 1990; **45** (1): 16-28.

Critchley H D. Book Review: Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. *The Neuroscientist*. 2002; **8** (2): 132-142.

Dawson M E, Schell A M, Filion D L. The elektrodermal system. In: Handbook of psychophysiology (Cacioppo J T, Tassinary L G, Berntson G). Cambridge University Press, New York, 2000; 159-180.

Delplanque S, Grandjean D, Chrea C, u. a. Emotional Processing of Odors: Evidence for a Nonlinear Relation between Pleasantness and Familiarity Evaluations. *Chemical Senses*. 2008; **33** (5): 469-479.

Delplanque S, Grandjean D, Chrea C, u. a. Sequential unfolding of novelty and pleasantness appraisals of odors: Evidence from facial electromyography and autonomic reactions. *Emotion*. 2009; **9** (3): 316-328.

Ekman P. An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion* 1992; **6**: 169-200.

Ekman P. Are there basic emotions? *Psychological Review*. 1992; **99** (3): 550-553.

Firestein S. How the olfactory system makes sense of scents. *Nature*. 2001; **413** (6852): 211-218.

Förster-Streffleur T. Die Verbindung zwischen Gerüchen und Emotionen im autobiographischen Gedächtnis. Diplomarbeit Universität Wien; 2010.

Gottfried J A, Winston J S, Dolan R J. Dissociable Codes of Odor Quality and Odorant Structure in Human Piriform Cortex. *Neuron*. 2006; **49** (3): 467-479.

Gramann K, Schandry R. Lehrbuch Psychophysiologie: Körperliche Indikatoren psychischen Geschehens. 4. Aufl. Beltz Psychologie Verlags Union; 2009.

Hänsel R, Sticher O, Steinegger E. Pharmakognosie – Phytopharmazie. 8. Aufl. Springer, Berlin; 2007.

Hatt H. Molecular and Cellular Basis of Human Olfaction. *C & B*. 2004; **1** (12): 1857-1869.

Havlicek J, Roberts S C. MHC-correlated mate choice in humans: A review. *Psychoneuroendocrinology*. 2009; **34** (4): 497-512.

Heuberger E, Hongratanaworakit T, Böhm C, Weber R, Buchbauer G. Effects of chiral fragrances on human autonomic nervous system parameters and self-evaluation. *Chem Senses*. 2001; **26** (3): 281-92.

Møller P. Differential human electrodermal responses to odours. *Neuroscience Letters*. 2003; **346** (3): 129-132.

Mombaerts P. Seven-Transmembrane Proteins as Odorant and Chemosensory Receptors. Science. 1999; **286** (5440): 707-711.

MP 100 System Guide, Reference Manual Version 3.3.2 for MP 100 Hardware and AcqKnowledge® Software, Biopac Systems, Inc. (1998)

Ohloff G. Düfte: Signale der Gefühlswelt: Signale Der Gefühlswelt. 1. Aufl. Helvetica Chimica Acta; 2004.

Restrepo D, Lin W, Salcedo E, Yamazaki K, Beauchamp G. Odortypes and MHC peptides: complementary chemosignals of MHC haplotype? Trends in Neurosciences. 2006; **29** (11): 604-609.

Robin O, Alaoui-Ismaïli O, Dittmar A, Vernet-Maury E. Basic emotions evoked by eugenol odor differ according to the dental experience. A neurovegetative analysis. Chem Senses. 1999; **24** (3): 327-335.

Sachs L. Angewandte Statistik. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York; 1997: 570-576.

Schandry R. Biologische Psychologie: Ein Lehrbuch. Mit CD-ROM. 2. Aufl. Beltz Psychologie Verlags Union, Weinheim; 2006.

Schandry R. Lehrbuch der Psychophysiologie, Beltz Psychologie Verlags Union, Weinheim; 1996.

Sequeira H, Hot P, Silvert L, Delplanque S. Electrical autonomic correlates of emotion. International Journal of Psychophysiology. 2009; **71** (1): 50-56.

Silbernagl S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. 6. Aufl. Thieme, Stuttgart; 2003.

Stern R M, Ray W J, Quigley K S. Eyes: Pupillography and Electrooculography. In: Psychophysiological recording. Oxford University Press, New York, 2001; 125-141.

Stroh K; 2008 Available at:
http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_23_geruchsbelaestigungen.pdf [Zugegriffen
Oktober 4, 2010].

Tegoni M. Mammalian odorant binding proteins. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Protein Structure and Molecular Enzymology. 2000; **1482** (1-2): 229-240.

Thews G, Mutschler E, Vaupel P. Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. 6. Aufl. Wissenschaftliche Verlagsges.; 2007.

Timischl W. Biostatistik: Eine Einführung für Biologen und Mediziner. 2. Aufl. Springer, Wien; 2000.

Vernet-Maury E, Alaoui-Ismaïli O, Dittmar A, Delhomme G, Chanel J. Basic emotions induced by odorants: a new approach based on autonomic pattern results. Journal of the Autonomic Nervous System 1999; **75** (2-3): 176-183.

Weißinger C. Reduktion der Komplexität olfaktorischer Stimuli anhand chemischer und organoleptischer Gesichtspunkte. Diplomarbeit, Universität Wien; 2009.

Wolfensberger M, Schnieper I. Sniffin' Sticks: Ein neues Instrument zur Geruchsprüfung im klinischen Alltag. HNO. 1999; **47** (7): 629-636.

Yamazaki K. Chemosensory Recognition of Olfactory Individuality. Chemical Senses. 2005; **30** (Supplement 1): i142-i143.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mittlere Differenzwerte der Hauttemperatur vor und nach Reizung mit den verschiedenen Düften	39
Abbildung 2: Mittelwerte der Hautleitfähigkeit (Amplitude) in Abhängigkeit von der olfaktorischen Stimulation	40
Abbildung 3: Positive Korrelation der Mittelwerte der Hautleitfähigkeit mit jenen der Intensität der verschiedenen Düfte	42
Abbildung 4: Mittlere Differenzwerte der Atemfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften.....	43
Abbildung 5: Zusammenhang zwischen der Differenz der Mittelwerte der Atemfrequenz und jenen der Intensität der verschiedenen Düfte	44
Abbildung 6: Mittlere Differenzwerte der Lidschlagfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften	45
Abbildung 7: Mittlere Differenzwerte der Muskelspannung in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften	46
Abbildung 8: Mittlere Differenzwerte der Herzschlagfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften	47
Abbildung 9: Mittlere Differenzwerte der Standardabweichungen der Herzschlagfrequenz in Abhängigkeit von den verschiedenen Düften	48
Abbildung 10: Mittelwerte der Valenz der verschiedenen Düfte	50
Abbildung 11: Mittelwerte der Intensität der verschiedenen Düfte	52
Abbildung 12: Mittelwerte der Bekanntheit der verschiedenen Düfte	54

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Basisemotionen mit den assoziierten Stadtgerüchen und der Häufigkeit der Nennung	22
Tabelle 2: Die den einzelnen Basisemotionen zugeordneten Düfte sowie Wasser, die verwendeten Nummern und die chemische Zusammensetzung. a) nach Weißinger, 2009. ÄÖ: Ätherisches Öl; DP: Diethylphthalat, EtOH: Ethanol, MeOH: Methanol, PG: Propylenglykol; m/V: Masse pro Volumen, V/V: Volumen pro Volumen; T: Teile.....	25
Tabelle 3: Paarweiser Vergleich der mittleren Amplitudenwerte der Hautleitfähigkeit nach Präsentation der verschiedenen Düfte	41
Tabelle 4: Anzahl der Nennungen der Basisemotionen zu den einzelnen Düften	49
Tabelle 5: Paarweiser Vergleich der Mittelwerte der Valenz der verschiedenen Düfte	51
Tabelle 6: Vergleich der Mittelwerte der Intensität der verschiedenen Düfte	53
Tabelle 7: Vergleich der Mittelwerte der Bekanntheit der verschiedenen Düfte	54
Tabelle 8: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Feuchte Luft“	55
Tabelle 9: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Synthetischer Kaffee“	56
Tabelle 10: Art und Zahl der Benennungen des Duftes „Jasmin“	57
Tabelle 11: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Computer“	58
Tabelle 12: Art und Zahl der Benennungen des Geruches „Urin“	58
Tabelle 13: Art und Zahl der Benennungen des Duftes „Weihrauch“	59
Tabelle 14: Art und Zahl der Benennungen des Duftes „Wasser“	60
Tabelle 15: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Feuchte Luft“	61
Tabelle 16: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Synthetischer Kaffee“	62
Tabelle 17: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Duftes „Jasmin“	63
Tabelle 18: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Computer“	64
Tabelle 19: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Geruches „Urin“	64
Tabelle 20: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Duftes „Weihrauch“	65
Tabelle 21: Art und Zahl der emotionalen Erinnerungen des Duftes „Wasser“	66

10 Anhang

10.1 Anhang 1: Fragebogen

Sehr geehrter Teilnehmer, sehr geehrte Teilnehmerin!

Wir werden Ihnen gleich 6 Düfte präsentieren und bitten Sie, jeden einzelnen auf den folgenden 10-teiligen Skalen zu bewerten. Kreuzen Sie dazu bitte – möglichst spontan – die zutreffende Zahl auf jeder Skala an.

Duft x

Mit welcher Basisemotion assoziieren Sie diesen Duft?

Ekel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr schwach					sehr stark				

Freude

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr schwach					sehr stark				

Trauer

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr schwach					sehr stark				

Wut

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr schwach					sehr stark				

Überraschung

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr schwach					sehr stark				

Angst

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

sehr schwach

sehr stark

Wie angenehm ist dieser Duft?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

sehr unangenehm

sehr angenehm

Wie intensiv ist dieser Duft?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

kaum wahrnehmbar

sehr stark

Wie bekannt ist dieser Duft?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

völlig unbekannt

sehr bekannt

Können Sie diesen Duft benennen?

☐ nein

☐ ja:

Assoziieren Sie mit diesem Duft eine emotionale Erinnerung?

☐ nein

☐ ja:

Wie emotional ist diese Erinnerung?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

wenig emotional sehr emotional

Wie lebhaft ist diese Erinnerung?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

wenig lebhaft sehr lebhaft

Wie stark fühlen Sie sich in diese Erinnerung zurückversetzt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

sehr schwach sehr stark

Wie spezifisch ist diese Erinnerung?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Wenig spezifisch sehr spezifisch

10.2 Anhang 2: Datenblatt der Voruntersuchung

Sniffin´ Sticks

Datum, Uhrzeit:

Name:

Alter:

Geschlecht:

Beruf:

Email- Adresse:

Telefonnummer:

Rauchen:

Medikamente:

Allergien:

Der Patient bewertet die eigene Geruchssensibilität als
unauffällig
vermindert
erhöht

Ergebnisse:

Diskriminationstest:

(Sollwert 11-16)

Identifikationstest:

(Sollwert 13-16)

10.3 Anhang 3: Beispiel der randomisierten Applikation der Gerüche einer Versuchsperson

Datum, Uhrzeit:

Name:

Set #1:

1, 5, 6, 2, 7, 4, 3

Set #2:

6, 1, 4, 5, 3, 2, 7

Set #3:

5, 6, 2, 7, 1, 3, 4

Set #4:

2, 6, 4, 3, 1, 5, 7

Set #5:

3, 1, 2, 7, 5, 4, 6

11 Lebenslauf

Zur Person:

Name: Sophie Obhlidal
Staatsangehörigkeit: Österreich
Geburtsdatum: 28.01.1983
Geburtsort: Wien
Familienstand: ledig
Geschlecht: weiblich
Muttersprache: Deutsch

Ausbildung:

Diplomarbeit am Department für Klinische Pharmazie und Diagnostik,
Universität Wien: seit 05.2009
Studium der Pharmazie an der Universität Wien: seit 10.2001
Matura: 10.2001
Lise-Meitner-Realgymnasium: 09.1993 bis 10.2001

Berufserfahrung:

Apotheke ‚Am Naschmarkt‘
Linke Wienzeile 20, 1060 Wien
Seit 01.01.2010

Vollzeit-Praktikum

Anstaltsapothek des Allgemeinen Krankenhauses der Stadt Wien
Währinger Gürtel 18-20, 1090 Wien
04.08.2008 bis 28.08.2008

Teilzeitanstellung

Samariter-Apotheke
Triesterstraße 17, 1100 Wien
22.08.2006 bis 29.02.2008

Sonstige Tätigkeit:

Mitarbeit in der Hotel-Pension ‚Residenz‘
Ebendorferstraße 10, 1010 Wien
Seit 01.12.2001