

Untersuchung der modulierenden Wirkung von Düften auf den emotionalen Ausdruck

D i s s e r t a t i o n s s c h r i f t
Zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin
Doctor medicinae (Dr. med.)
vorgelegt
der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus
der Technischen Universität Dresden

von
Franziska Heyne
aus Pirna

Dresden 2022

1. Gutachter: XXX

2. Gutachter: XXX

Tag der mündlichen Prüfung: XXX

gez.: _____

Vorsitzender der Promotionskommission

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1. Einleitung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund	4
2.1 Olfaktion.....	4
2.1.1 Das periphere olfaktorische System.....	4
2.1.2 zentrale Prozessierung olfaktorischer Information.....	5
2.2 Emotionen	7
2.2.1 Definition.....	7
2.2.2 Emotionstheorien- verschiedene Entstehungsmodelle im Überblick	9
2.2.3 Emotionsgenerierung.....	14
2.2.4 Emotionen in der Mimik.....	19
3. Material und Methoden	22
3.1 Probanden und ethische Aspekte.....	22
3.2 Ablauf.....	23
3.3 Sniffin' Sticks.....	25
3.4 Düfte	27
3.5 Fragebögen.....	28
3.6 Analysen der Video-Daten.....	29
3.6.1 maschinelles Lernen	29
3.6.2 SHORE™	30
3.7 Statistische Auswertungen	33
4. Ergebnisse.....	35
4.1 Probandenkollektiv	35
4.2 Identifikationstest.....	35
4.3 Evokation eines emotionalen Ausdrucks durch Duftexposition	37
4.3.1 Analyseergebnisse des Innersubjektfaktors Duftbedingung	37

4.3.2 Analyseergebnisse der Zwischensubjektfaktoren Alter und Geschlecht	40
4.4 Vergleich des Einflusses der Düfte auf die Mimik in beiden Aufgaben	40
4.5 subjektive Beurteilung der präsentierten Düfte	41
4.5.1 Intensität der Düfte	41
4.5.2 subjektive Beurteilung der Hedonik	42
4.5.3 subjektive Gefühlslage nach Duftexposition	43
4.5.4 Induktion einer bestimmten Erinnerung durch Duftexposition	44
4.6 Zusammenfassung signifikanter Ergebnisse	46
5. Diskussion	47
5.1 Einfluss der Duftexposition auf den emotionalen Ausdruck	47
5.2. Diskussion weiter Einflussfaktoren	51
5.2.1 Alter	51
5.2.2 Geschlecht	52
5.3 Methodenkritik	52
5.3.1 Emotionsmessung	52
5.3.2 Probandenkollektiv	54
5.3.3 Versuchsaufbau	55
5.4 Fazit und Ausblick	55
6. Zusammenfassung	58
6.1 Deutschsprachige Zusammenfassung	58
6.2 English summary	59
Quellen	IV
Anhang	XVII
Anhang 1: Fabel der Runde 1	XVII
Anhang 2: Fabel der Runde 2	XVIII
Anhang 3: Fabel der Runde 3	XIX
Anhang 4: Gesundheitsfragebogen	XX
Anhang 5: eigener Fragebogen	XXI
Danksagung	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Veröffentlichungen.....	XXIII
Eröffnung des Promotionsverfahrens.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestandteile der Riechbahn	6
Abbildung 2: Komponentenmodell der Emotionen	8
Abbildung 3: Vergleich von James-Lange-Theorie und Cannon-Bard-Theorie	11
Abbildung 4: Dimensionsmodell der Emotionen	14
Abbildung 5: Die mimische Muskulatur	20
Abbildung 6: Versuchsablauf	24
Abbildung 7a: Versuchsaufbau	25
Abbildung 7b: ID-Set	26
Abbildung 7c: Analysemaske der SHORE™-Software	31
Abbildung 8: Geschlechter- und Altersverteilung	35
Abbildung 9: ID-Ergebnisse	36
Abbildung 10: Effekt von Wasser auf Überraschung in Gruppe 2	41
Abbildung 11: Effekt von Pfirsich auf Freude in Gruppe 2	41
Abbildung 12: Duftintensitäten in beiden Gruppen	42
Abbildung 13: Dufthedonik in beiden Gruppen	43
Abbildung 14: Emotionsinduktion in beiden Gruppen	44
Abbildung 15: Erinnerungsinduktion in beiden Gruppen	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzeichen von Basisemotionen.....	13
Tabelle 2: altersabhängige Normwerte für den ID	27
Tabelle 3: ausgeschlossene Probanden nach ID	36
Tabelle 4: Ergebnisse der Emotionsinduktion in Gruppe 1.....	37
Tabelle 5: Ergebnisse der Emotionsinduktion in Gruppe 2.....	37
Tabelle 6: Vier Typen von Studienteilnehmern.....	53

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
v.a.	vor allem
ca.	circa
d.h.	das heißt
z.B.	zum Beispiel
o.g.	oben genannt
s.u.	siehe unten
bspw.	beispielsweise
u.a.	unter anderem
i.d.R.	in der Regel
i.S.	im Sinne
a.e.	am ehesten
M	Mittelwerte
SD	Standardabweichung
ANOVA	Analyses of Variance (Deutsch: Varianzanalyse)
AA	aktive Aufgabe
PA	passive Aufgabe
ID	Identifikationstest
TDI	Threshold Discrimination Identification
SHORE™	Sophisticated High-speed Object Recognition Engine
FACS	Facial Action Coding System
EMFACS	Emotion Facial Action Coding System
AU	Action Units
MRT	Magnetresonanztomografie
OFC	orbitofrontaler Kortex
Ncl.	Nucleus
BO	Bulbus olfactorius
ACC	Anteriorer cingulärer Kortex
N.	Nervus
POC	olfaktorischer Primärkortex
M.	Musculus

1. Einleitung

“Das ist doch erstunken und erlogen!”

“Ich kann Dich einfach nicht mehr riechen!”

“Die Sache stinkt doch bis zum Himmel!”

“Ich hab’ die Nase voll!”

“...und dann sind wir schnell verduftet.”

So verschieden diese alltäglichen Redewendungen auch sein mögen, haben sie doch eine Gemeinsamkeit: Sie alle rufen im Adressaten eine emotionale Regung hervor. Warum gerade Riechen mit emotionalen Botschaften in Einklang gebracht wird, ist auch Gegenstand vieler gegenwärtiger Forschungen.

Der Geruchssinn ist der phylogenetisch älteste Sinn und gehört, gemeinsam mit dem Schmecken und dem sog. trigeminalen Sinn zu den chemischen Sinnen (Albrecht & Wiesmann, 2006; Lundström et al., 2010). Sei es der beißende Geruch von Rauch, der Angstschweiß des Gegenübers oder die Raubkatze im Dickicht. Bedeutsam war er seit jeher als Schutz vor Gefahren (Spitzer, 2014). Im 21. Jahrhundert spielen diese Gefahren eher eine untergeordnete Rolle.

Man ging lange davon aus, dass der menschliche Geruchssinn dem der meisten Tiere auf Grund dieser evolutionären „Unbrauchbarkeit“ weit unterlegen ist. Untersuchungen erwecken aber den Anschein, dass eine feine Spürnase nicht direkt von der peripheren Rezeptordichte abhängt, die beim Menschen tatsächlich vergleichsweise klein ist. Vielmehr scheint unser relativ großes Riechhirn dieses Defizit kompensieren zu können (Lundström et al., 2010).

Große Teile unseres Riechhirns gehören dem sog. limbischen System (*siehe 2.3.3 Emotionsgenerierung*) an. Neben der Verarbeitung olfaktorischer Informationen besteht ihre Hauptaufgabe in der Emotionsregulation, der Verarbeitung emotionaler Reize und der Bildung emotionaler Reaktionen und Erinnerungen (Herz & Cupchik, 1995). Es ist folglich naheliegend, dass zwischen Düften und Gefühlen eine besondere Bindung besteht.

Warum gerade Düfte und Emotionen in den gleichen zerebralen Zentren verarbeitet werden, erklärt sich durch einen evolutionären Denkansatz: Die Amygdala, als Sinnbild emotionaler Verarbeitung prozessiert v.a. Angst, die elementarste und älteste Funktion zur Sicherung des Überlebens. Bereits die amphibische Amygdala besteht aus olfaktorischen Anteilen und einem limbischen Teil (Laberge et al., 2006).

Düfte wiederum besitzen eine ausgeprägte hedonische Komponente, d.h. sie werden grundlegend danach beurteilt, ob sie gut oder schlecht sind (Rolls et al., 2003). Gleiches gilt auch für Emotionen. Man kann also schlussfolgern, dass die gemeinsame Verarbeitung von Düften und Emotionen ursprünglich dazu diente, dem Lebewesen durch unangenehme Düfte möglichst schnell ein unangenehmes Gefühl (i.d.R. Angst) zu vermitteln und so das Überle-

ben zu sichern. Im Laufe der Entwicklung zum Menschen kamen weitere Funktionen dazu (Laberge et al., 2006; Moreno & González, 2007).

Außerdem erreichen die olfaktorischen Informationen diese limbischen Strukturen direkt und nahezu ungefiltert ohne Selektion im Thalamus und ohne vorherige kortikale Präsentation (Gottfried, 2006; Spitzer, 2014). Die emotionalen Reaktionen auf Düfte laufen entsprechend unbewusst und stark ab. Ein Stück Seife mit Rosenduft ist mühelos in der Lage, die betroffene Person aus dem heimischen Badezimmer in einen weit entfernten und nach Rosen riechenden Eingangsbereich einer Ferienunterkunft eines Jahre zurückliegenden Urlaubs zu versetzen. Zugleich wird sie eine freudig-gespannte Stimmung auslösen, wie man sie zu Beginn eines Urlaubs erlebt.

Die Nachteile des Zusammenhangs ergeben sich allerdings bei der Betrachtung bestimmter Krankheitsbilder, wie der Depression. Auf der einen Seite ist schon lange klar, dass eine Riechfunktionsstörungen zur Entstehung einer Depression beitragen können (B. Chen et al., 2021) und Riechtraining hingegen zu einer Verringerung depressiver Verhaltensweisen beiträgt (Wegener, 2015).

Auf der anderen Seite zeigten Flohr und Kollegen, dass eine negative Stimmung, z.B. induziert durch traurige Filme, durchaus auch die zerebrale Verarbeitung von Düften beeinflussen kann, was anhand von verlangsamten Latenzen im EEG auffiel (Flohr et al., 2017).

Nachdem Versuche z.B. von Croy und Kollegen (2011) nachweisen konnten, dass Düfte durchaus Emotionen auslösen können und auch die Wahrnehmung von Mimik durch Düfte positiv beeinflusst wird (Leleu et al., 2015), stellte sich die Frage, ob und inwiefern die Exposition gegenüber angenehmen und unangenehmen Düften, verglichen mit geruchsneutralen Zuständen, eine messbare emotionale Veränderung in der Mimik auslösen kann. Bei der Mimik handelt es sich um die am besten untersuchte Expressionsform von Emotionen (Rothermund & Eder, 2011). Das Hauptaugenmerk wurde dabei auf die vier Grundemotionen Wut, Glück, Traurigkeit und Überraschung, sowie positive und negative Valenzen gelegt.

Wir nahmen an, dass sowohl angenehme, als auch unangenehme Düfte mehr Überraschung auslösen, als die neutrale Bedingung. Außerdem gingen wir davon aus, dass Teer und Fisch stellvertretend für unangenehme Düfte eher Wut und Traurigkeit auslösen, während Freude und Überraschung durch Pfirsich und Rose hervorgerufen werden.

In diesem Zusammenhang untersuchten wir auch den Einfluss von Geschlecht und Alter. Den Ergebnissen vorangegangener Untersuchungen entsprechend, nahmen wir an, dass Frauen einen stärkeren emotionalen Ausdruck zeigen als Männer (P. J. Lang et al., 1993).

Neben der Theorie von diskreten Emotionen (Ekman, 1992) wird auch der fließende Übergang von emotionalen Zuständen zwischen den Dimensionen Valenz und Aktivierung (James A. Russell, 2009) diskutiert, sodass anzunehmen ist, dass auch die Düfte nach Va-

lenz bzw. Hedonik eingeteilt werden. Wir untersuchten auch, ob die Düfte positive bzw. negative Valenzen auslösen. Unserer Ansicht nach sollten Rose und Pfirsich eher positive Ausschläge anzeigen, während Fisch und Teer für negative Ausschläge verantwortlich sind. Weiterhin nahmen wir an, dass die emotionale Reaktion während der Absolvierung einer, an die Probanden gestellte Aufgabe, geringer ausfällt, da der Duft mehr in den Hintergrund tritt. Während einer passiven Phase, in welcher der Duft gewissermaßen der einzige Reiz ist, könnte die Reaktion hingegen stärker ausfallen.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Olfaktion

2.1.1 Das periphere olfaktorische System

Verfolgt man den Weg eines Duftmoleküls, gelangt man zunächst in die Nasenhöhle, genauer in die Regio olfactoria. Dabei handelt es sich um ein Areal von etwa 5 cm² pro Seite, welches vom Nasendach, dem Septum nasi, und der oberen Nasenmuschel gebildet wird (Hatt, 2007; Soudry et al., 2011).

Im Gegensatz zum respiratorischen Epithel, welches beinahe die gesamte Nasenhöhle auskleidet und aus mehrreihigem hochprismatischem Epithel mit Becherzellen für die Sekretproduktion und Kinozilien für den Abtransport von Schmutz besteht (Aumüller et al., 2017), finden sich in der Riechschleimhaut, der Regio olfactoria, Riechsinneszellen, Stützzellen und Basalzellen. Letztere ersetzen die primären Riechsinneszellen nach ihrer Lebensdauer, welche in der Literatur als variabel angegeben wird (Hatt, 2007; Manzini et al., 2014).

Wie o.g. handelt es sich bei Riechzellen um primäre Sinneszellen. Sie bestehen aus einem Dendriten und einem Axon, sind also bipolar, wobei der Dendrit mit einer Auffächerung, dem sog. Riechköpfchen in der Schleimhaut endet. Das Riechköpfchen und die davon abgehenden, in die Mukosa ragenden Zilien, dienen der Oberflächenvergrößerung (Silbernagl et al., 2018).

Außerdem tragen die Zilien G-Protein-gekoppelte Geruchsrezeptoren. Diese werden beim Menschen von verschiedenen Genen codiert, welche 350 funktionsfähige Rezeptoren ergeben (Glusman et al., 2001). In jeder Zelle ist allerdings nur ein Gen, das für einen Rezeptor codiert, aktiv (Buck & Axel, 1991). Damit und für die Entdeckung einer neuen großen Genfamilie, welche für nur im olfaktorischen Epithel ausgeprägte Transmembranproteine codiert, gewannen die Forscher Dr. Richard Axel und Linda Buck 2004 den Nobelpreis für Medizin (Buck & Axel, 1991; Müller, 2004).

Bindet ein Duftmolekül, also ein chemischer Reiz nun an die Bindestelle des Rezeptors, entsteht über die Aktivierung eines G-Proteins der second messenger cAMP (cyclisches Adenosinmonophosphat) aus ATP (Adenosintriphosphat). Dieser bindet wiederum an sog. CNG-Kanäle, was zu deren Öffnung führt. Durch den damit hervorgerufenen Einstrom von Calcium (Ca²⁺) und Natrium (Na⁺) kommt es zur Depolarisation und somit zur Entstehung eines Sensorpotenzials, dessen Stärke analog zu der Reizstärke ist. Dieser Prozess wird als Transduktion bezeichnet (Handwerker & Schmelz, 2019).

Die Vielfalt in der Duftwahrnehmung entsteht schlussendlich dadurch, dass ein Duftstoff verschiedene Rezeptoren aktivieren kann und die Rezeptoren in unterschiedlicher Anzahl über die Riechsinneszellen verteilt sind. So entsteht für jeden Duft ein typisches Aktivierungsmus-

ter (Silbernagl et al., 2018). Dennoch bleibt ungeklärt, wieviele Düfte ein Mensch genau unterscheiden kann. Nach Studien, die von ca. 10000 ausgehen, legten neuere Kalkulationen nahe, dass es sich um mindestens 10^{18} Düfte handeln muss (Bushdid et al., 2014). Berechnungen widerlegten allerdings und gehen von einem tatsächlichen Ergebnis zwischen beiden Werten aus (Gerkin & Castro, 2015).

In einem als Transformation bezeichneten zweiten Schritt der Informationsverarbeitung fungiert das Sensorpotenzial nun als Generator für Aktionspotenziale, wobei unterschiedliche Stärken bzw. Potenzialänderungen des Sensorpotenzials Salven von Aktionspotenzialen unterschiedlicher Frequenz auslösen (Handwerker & Schmelz, 2019). So werden bspw. Stärke und Qualität der Duftreize codiert (Breer, 2003). Im Folgenden leiten die zum N. olfactorius gebündelten Axone der Sinneszellen (siehe Abbildung 1) die Informationen durch die Lamina cribosa des Os ethmoidale weiter nach zentral (Hatt, 2007; Schünke et al., 2018).

2.1.2 zentrale Prozessierung olfaktorischer Information

Erster Projektionsort der peripheren Axone nach Erreichen des Zentralnervensystems ist der BO. Dabei handelt es sich um einen beidseits angelegten vorgelagerten Großhirnteil, welcher zwischen Lamina cribosa und der Basalseite des Lobus frontalis zu finden ist (Schünke et al., 2018).

Er ist sechsschichtig aufgebaut (Sarnat & Yu, 2015). In einer dieser Schichten, dem Stratum granulosum, findet die Umschaltung der olfaktorischen Informationen auf das zweite Neuron statt (Aumüller et al., 2020). Dazu bilden die Axone der peripheren Neurone Synapsen mit den Dendriten der, abgesehen von den Büschelzellen, einzigen efferenten Zellen des BO: den Mitralzellen. Diese Synapsen nennt man Glomeruli (Aumüller et al., 2020; Sarnat & Yu, 2015). Dabei projizieren in jeden Glomerulus Afferenzen von Sinneszellen mit demselben Rezeptortyp (Manzini et al., 2014). Dies zieht eine Sortierung der in der Riechschleimhaut willkürlich angeordneten Rezeptoren nach sich.

Bei den anderen Zelltypen des BO handelt es sich um nicht-leitende Interneurone zu denen u.a. die periglomerulären Zellen sowie die granulären Interneurone und Körnerzellen gehören (Aumüller et al., 2020). Als dritter beteiligter Zelltyp an einem Glomerulus haben die periglomerulären Zellen so eine modulierende bzw. inhibierende Funktion inne. Über dendrodendritische Synapsen zwischen Mitral- und Körnerzellen können schwach aktivierte Mitralzellen gehemmt werden, was z.B. zur Kontrastverstärkung der olfaktorischen Informationen führt (Aungst et al., 2003; Manzini et al., 2014).

Über die Axone o.g. Mitral- und Büschelzellen verlassen die umgeschalteten und selektierten olfaktorischen Informationen den BO über den Tractus olfactorius zu höheren cerebralen Zentren. Der Tractus olfactorius teilt sich im Trigonum olfactorium in eine Stria lateralis und medialis auf (Trepel, 2017). Eine Besonderheit in der Riechverarbeitung ist, dass die Weiter-

leitung olfaktorischer Informationen, im Gegensatz zu anderen Sinnesinformationen, v.a. ipsilateral erfolgt (Gottfried, 2006). Nur wenige Informationen kreuzen über die Commissura anterior zur Gegenseite (Sarnat & Yu, 2015).

Die Stria medialis ist beim Menschen oft nur rudimentär ausgeprägt (Manzini et al., 2014). Über Verbindungen zur Formatio reticularis ist sie aber in duftbezogene Weckreaktionen involviert und hat damit eine wichtige Schutzfunktion inne (Aumüller et al., 2020).

Die Stria lateralis hingegen erreicht Hirnregionen, die zur primären Riechrinde zusammengefasst werden (siehe Abbildung 1), da sie alle Informationen vom BO erhalten (Price, 1973). Dazu gehören u.a. der Ncl. olfaktorius anterior, das Tuberculum olfactorium, der Kortex piriformis (insbesondere die Pars anterior) sowie Teile von Amygdala und Area entorhinalis (Gottfried, 2010; Price, 1973). Diese Zuordnung ist allerdings umstritten. Neuere Untersuchungen sehen Analogien in der Art der Merkmalskodierung zwischen BO und visuellem Primärkortex, sodass möglicherweise bereits mit der Umschaltung auf das 2. Neuron der POC erreicht wird (Albrecht & Wiesmann, 2006; Haberly, 2001).

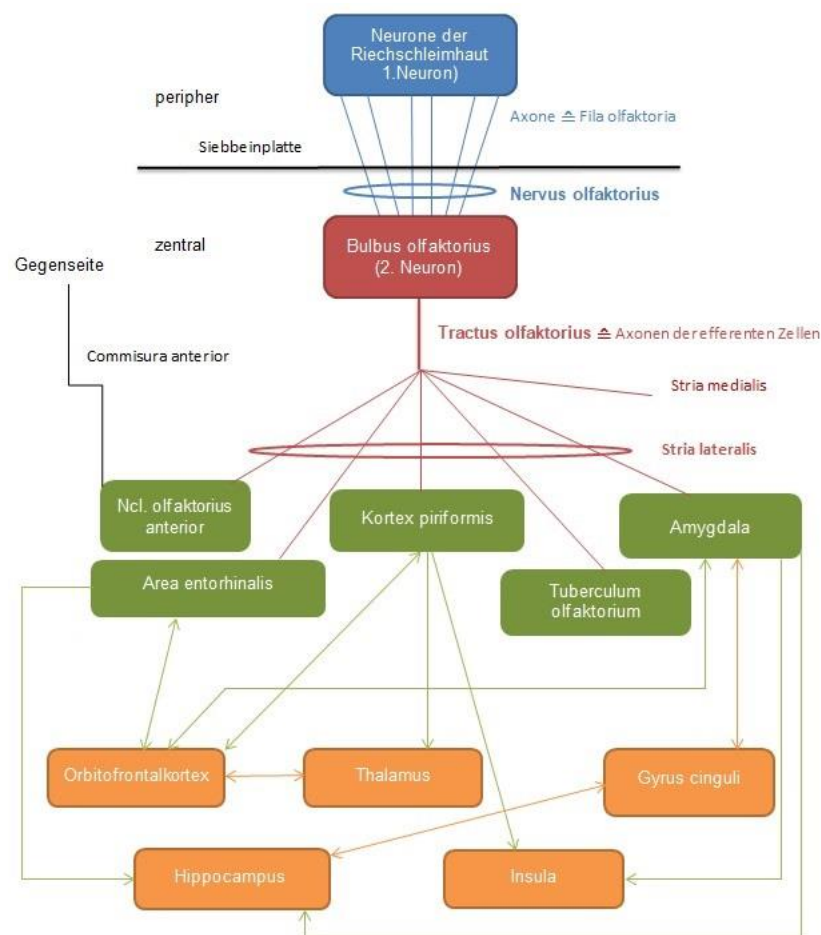


Abbildung 1: Überblick über die Bestandteile und Verschaltung der Riechbahn (Quelle: eigene Abbildung nach Brandes et al., 2019; Gottfried, 2006, 2010; Manzini et al., 2014; Price, 1973; Zhou et al., 2019)

Während für die Verarbeitung anderer sensorischer Informationen diskrete primäre Kortices vorliegen, sind z.B. die Pars anterior des Kortex piriformis sowie die Amygdala (*siehe auch Kapitel 2.3.3 Emotionsgenerierung*) auch stark in die Verarbeitung anderer Prozesse, wie Emotionen, eingebunden (Manzini et al., 2014). Es existiert also keine primäre Riechrinde im eigentlichen Sinne, auch wenn sie in der Literatur immer wieder aufgegriffen wird.

Analog zu anderen sensorischen Zentren gibt es auch in der olfaktorischen Verarbeitung nachgeschaltete assoziative Zentren, in welcher die Integration olfaktorischer Informationen in andere neurologische Prozesse passiert, was die Grundlage für duftbezogene Handlungen bildet (Manzini et al., 2014).

Der Kortex piriformis scheint einen Großteil der BO-Projektionen zu empfangen (Zhou et al., 2019). Von ihm gehen wiederum Verbindungen zum OFC aus, welche eine neokortikale Repräsentation olfaktorischer Informationen ermöglichen. Es scheint, als wäre der rechte OFC der Ort des Bewusstwerdens olfaktorischer Informationen, während der linke OFC daran offenbar nicht beteiligt ist (Li et al., 2010). Ungeklärt bleibt im Versuch von Li und Kollegen jedoch, inwieweit der Thalamus bzw. thalamokortikale Schaltkreise Anteil an der bewussten Wahrnehmung haben. Im olfaktorischen System fungiert er nicht als obligatorische Pforte auf dem Weg zum Neokortex (Gottfried, 2010). Vielmehr sind der BO sowie der Ncl. olfactorius anterior, eine im Tractus olfactorius gelegene Struktur, als thalamisches Äquivalent zu verstehen (Sarnat & Yu, 2015). Lediglich ein kleiner Teil der vom piriformen Kortex ausgehenden olfaktorischen Fasern, erreicht den mediodorsalen Thalamus und das auch erst nachdem die Informationen im POC vorverarbeitet wurden (Zhou et al., 2019). Obwohl die Funktion des Thalamus im olfaktorischen System nicht hinreichend geklärt ist, scheint zumindest die Beteiligung an der bewussten Wahrnehmung eine mögliche Funktion zu sein.

Weitere Projektionsziele des POC sind die Insula, der Hypothalamus, der Hippocampus sowie der Gyrus cinguli (Gottfried, 2010).

Einen Überblick über die Strukturen, die sowohl in der olfaktorischen, als auch in der emotionalen Informationsverarbeitung eine wichtige Rolle spielen, bietet Abschnitt 2.2.3 *Emotionsgenerierung*.

2.2 Emotionen

2.2.1 Definition

„Everyone knows what an emotion is [...] until one is asked to give a definition.“

(Fehr & Russell, 1984)

Wenngleich diese oft zitierte Aussage aus dem Jahr 1984 insofern Bestand hat, als dass es sich bei Emotionen um komplexe Gebilde handelt, deren Entstehung von verschiedenen Standpunkten aus betrachtet werden kann, existiert doch eine gängige Arbeitsdefinition.

Bei Emotionen handelt es sich um Ereignisse bzw. Reaktionen von kurzer Dauer, welche automatisch, d.h. unwillkürlich ausgelöst werden. Sie sind auf ein Objekt oder einen Sachverhalt gerichtet und von einem bestimmten Empfinden geprägt. Dieses kann, muss aber nicht, bis ins Bewusstsein vordringen (Rothermund & Eder, 2011).

Spricht man bei Emotionen von komplexen Gebilden, stellt sich zunächst die Frage, was diese ausmacht. Verschiedene Arbeiten stellen dabei drei wesentliche Komponenten einer Emotion vor (Brandstätter et al., 2018; Karnath & Thier, 2012; Sharpley & Bitsika, 2010), welche teilweise durch weitere ergänzt werden (Schmidt-Atzert et al., 2014). Abbildung 2 stellt die Komponenten schematisch dar.

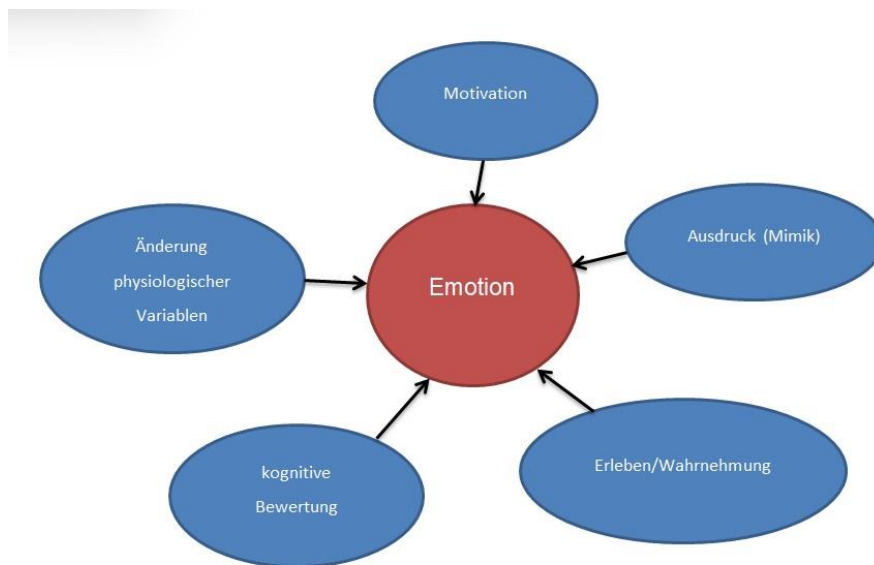


Abbildung 2: Darstellung der fünf Komponenten einer Emotion und ihrer Charakteristika (Quelle: eigene Abbildung nach Rothermund & Eder, 2011)

Eine Emotion ist für das fühlende Individuum oft nur das bewusst erlebte Gefühl („Ich habe Angst!“), die sog. Erlebenskomponente. Diese stellt wissenschaftlich insofern ein Problem dar, als dass sie abhängig vom Individuum variiert, unterschiedlich ausgedrückt wird und entsprechend schwer messbar ist.

Die kognitive Komponente, welche von den meisten Autoren zur Erlebenskomponente gezählt wird, umschreibt hingegen die Bewertung eines Umstandes aus dem i.d.R. das Gefühl resultiert. Auch hier hängt die kognitive Bewertung von der individuellen Situation ab, sodass durchaus verschiedene kognitive Prozesse eine Emotion beeinflussen (Brandstätter et al., 2018; Rothermund & Eder, 2011). Durch Kenntnis über die Aufgaben verschiedener Hirnareale ist es, im Gegensatz zur Erlebenskomponente, möglich, die kognitiven Prozesse bildmorphologisch zu objektivieren (siehe 2.3.3. *Emotionsgenerierung*).

Angst als besonders starke und gut erforschte Emotion treibt über eine Aktivierung des Sympathikus und des Glucocorticoidsystems den Blutdruck in die Höhe, erhöht die Herzfre-

quenz und sorgt für eine veränderte Schweißproduktion. Man spricht von der physiologischen Komponente. Im Vergleich zwischen verschiedenen Arten von Phobien (z.B. Spinnen vs. Blut) stellte sich allerdings heraus, dass es sich dabei keineswegs um emotionsspezifische Reaktionen handelt. Abhängig von der Ursache von z.B. Angst kann es dabei beim Spinnenphobiker zu einem Anstieg der Herzfrequenz kommen, welcher als Handlungsvorbereitung für eine Flucht dient. Bei Menschen, die Angst vor Blut haben, fällt die Herzfrequenz infolge einer vaso-vagalen Reaktion eher ab und es kommt zu einer Schockstarre (Hamm et al., 2006 in Karnath und Thier, 2012).

Durch Gesichtsausdrücke, die Stimme und bestimmte Bewegungen können erlebte Gefühle nun bewusst oder unbewusst nach außen getragen werden (Verhaltenskomponente) (Karnath & Thier, 2012).

Bei der motivationalen Komponente ist teilweise strittig, ob es sich dabei um eine Komponente (Rothermund & Eder, 2011) oder eine Funktion von Emotionen (Brandstätter et al., 2018; Rolls, 2000) handelt. Einig ist man sich, dass Emotionen Handlungen anregen. Erlern-tes Angstverhalten motiviert zur Vermeidung der angstausslösenden Reize (Rolls, 2000).

In Abgrenzung zu Emotionen sind Stimmungen nicht zwingend objektbezogen, d.h. durch etwas Bestimmtes ausgelöst. Sie dauern länger an, sind stabiler und weniger intensiv als Emotionen (Brandstätter et al., 2018). Dennoch bedingen beide einander, sodass eine Vielzahl positiver Emotionen auch für anhaltend gute Stimmung sorgen kann. Eine depressive Stimmungslage hingegen sorgt dafür, dass kurzfristige negative Umwelteinflüsse wesentlich intensiver wahrgenommen werden und für ausgeprägtere Traurigkeit oder Wut sorgen, als das bspw. bei einer Person der Fall wäre, die gerade einen zweiwöchigen Urlaub in vollen Zügen genossen hat (Schützeichel, 2006). Außerdem können bestimmte Emotionen (z.B. Angst) v.a. in pathologischen Ausprägungen so lang anhalten, dass sie einer Stimmung entsprechen. Dabei unterscheiden sich, obwohl es sich in beiden Fällen z.B. um den Zustand „Angst“ handelt, die neurophysiologischen Mechanismen. Während kurzfristige Angstzustände v.a. durch Aktivität der Amygdala vermittelt werden, geht eine ängstliche Stimmung mit weitreichenden Änderungen z.B. in Neurotransmittern, der Größe von aktivierten Hirnarealen oder der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse einher (Kontaris et al., 2020).

2.2.2 Emotionstheorien- verschiedene Entstehungsmodelle im Überblick

Die Frage, wie und unter welcher Bedingung Emotionen genau entstehen und wie die o.g. Komponenten zusammenwirken, beschäftigt Forscher seit Jahrhunderten und ist ebenso umstritten, wie die Definition.

Nach Rothermund und Kollegen (2011) existieren drei verschiedene Ansätze, denen bestehende Theorien zuzuordnen sind: der kognitive, der konstruktivistische und der evolutionsbiologische Ansatz, wobei Letzterer hier genauer betrachtet werden soll.

Vertreter dieses Ansatzes postulieren, dass Emotionen einen universellen Charakter haben müssen (Frijda & Parrott, 2011). Zurückzuführen ist diese Theorie auf den Evolutionsforscher Charles Darwin (1872). Er beobachtete viele Zusammenhänge im emotionalen Ausdruck sogar über verschiedene Arten, d.h. Menschen und höhere Säugetiere, hinweg und nutzte sie, um seine Theorie des Entwicklungsprozesses verschiedener Arten zu untermauern (Vogel, 1996).

Daraus wurde abgeleitet, dass es sich bei Emotionen um für das Überleben sinnvolle und nötige Reaktionen handelt, die sich evolutionär entwickelt haben und bei jedem Individuum von Geburt an bestehen (Brandstätter et al., 2018). Es entstand das Konzept von Basisemotionen, bei denen es sich um definierte Reaktionsmuster handelt, die in gleicher Weise ausgelöst werden. In vergleichenden Beobachtungen von blinden und sehenden Kindern im Grundschulalter wurden durch verschiedene Situationen bestimmte diskrete Emotionen (Ärger, Ekel, Überraschung, Traurigkeit, Freude, Angst, Interesse) evoziert. Die Kinder wurden in diesen Situationen gefilmt und das Material durch einen geübten Nutzer des FACS-Systems (*siehe Abschnitt 2.3.4 Emotionen in der Mimik*) ausgewertet. Dabei konnte gezeigt werden, dass die emotionalen Ausdrücke in beiden Gruppen annähernd gleich waren. Da bei gänzlich blinden Menschen keine Möglichkeit besteht, durch Beobachten zu lernen, stützt dies die These, dass bestimmte Emotionen universal sind (Galati et al., 2003).

Historisch bedeutsam ist v.a. die 1884 postulierte These der Forscher William James und Carl Lange (*siehe Abbildung 3*). Anders als die meisten biologischen Ansätze verfolgt sie nicht das Konzept, dass alle auf den Reiz folgenden Reaktionen synchron ablaufen (Rothermund & Eder, 2011). Vielmehr setzt sie voraus, dass jedem Gefühl eine körperliche Reaktion vorangeht („Ich lache, also freue ich mich.“). Dies ist zumindest der gemeinsame Nenner, den beide Forscher finden konnten. Während James eine Reihe von körperlichen Auslösern für Emotionen aufzählte, ging Lange davon aus, dass alle Emotionen einen kardialen Ursprung haben, deren zerebrale Organisation im Hirnstamm stattfindet. Außerdem interessierte ihn v.a. die Physiologie der Emotion, während James vordergründig das Bewusstwerden der Emotion sah (P. J. Lang, 1994).

Diese Annahmen, dass Emotionen universell und rein körperlicher Ursache sind, scheinen aber nicht voll zutreffend zu sein. Da man beim evolutionsbiologischen Ansatz davon ausgeht, dass die Emotion direkt durch einen Reiz ausgelöst wird, kann daraus gefolgert werden, dass kognitive Bewertungen nicht von Bedeutung sind. Bei evolutionär alten Reizen, wie der Angst vor Spinnen, mag es vielleicht zutreffen, dass nur der Anblick eines runden

Körpers mit acht Beinen reicht, um die Emotion auszulösen. Allerdings hat nicht jeder Mensch Angst vor Spinnen, sondern auch vor ungewöhnlichen Sachen, wie Hühnern oder modernen Gegenständen, wie Spritzen (Rothermund & Eder, 2011). Lernprozesse spielen bei der Entstehung von Emotionen also durchaus eine Rolle. Von manchen Autoren werden sie sogar als eigenständige Entstehungstheorie von Emotionen diskutiert (Brandstätter et al., 2018). Auch die James-Lange-Theorie erfuhr seinerzeit heftige Kritik. Walter Cannon, der Lange zwar in seiner Annahme zustimmte, dass es eine zerebrale Organisationsstruktur der Emotionen geben muss, welche allerdings eher im Thalamus als im Hirnstamm lokalisiert ist (P. J. Lang, 1994), veröffentlichte 1927 ein Werk, in welchem er die Theorie seiner Kollegen anzweifelte. Unter Berufung auf Tierversuche stellte er fest, dass auch nach einer Durchtrennung viszeraler Afferenzen ein emotionaler Ausdruck evozierbar blieb und die afferenten Bahnen zudem zu langsam leiten, um einer Emotion vorausgehen zu können. Außerdem fand er keine Belege dafür, dass Emotionen durch interne Stimulierung der Viszeralorgane (z.B. durch chemische Substanzen) hervorgerufen werden können. Vielmehr ging er davon aus, dass der Ursprung der Emotion zerebral, also im Thalamus zu finden sei und die körperlichen Reaktionen der Gefühlsentstehung folgen (Cannon, 1927). Cannon trug damit entschieden zur Weiterentwicklung psychophysiologischer Emotionstheorien bei.

Abbildung 3: Darstellung der Unterschiede in der Reiz-Reaktions-Folge in der James-Lange-Theorie und der Cannon-Bard-Theorie (modifiziert nach Brandes et al., 2019, S. 848)

Auf die zuvor erlangten Erkenntnisse, v.a. Darwins, stützen sich auch die Arbeiten Paul Ekman, einem der bekanntesten modernen Emotionsforscher (Vogel, 1996). Da sich seine Arbeiten v.a. mit der mimischen Komponente von Emotionen beschäftigen und seine Klassifikation der Emotionen für unseren Versuch herangezogen wurde, soll sie hier genauer betrachtet werden:

Mehr zufällig begann Ekman in den 1970er Jahren zu analysieren, ob Emotionen, wie von Darwin und Verfechtern postuliert, universell sind, oder ob sie das Produkt sozialen Lernens und damit über Kulturen hinweg verschieden sind. Obwohl er zunächst eher davon ausging, dass Emotionen das Produkt sozialen Lernens sind, musste er in einem Versuch feststellen, dass Menschen verschiedenster Kulturen und damit unterschiedlicher Sozialstrukturen (z.B. Japan, USA) Emotionen in Fotografien gleich beurteilten. Richtigerweise bedachte er bei seinen Schlussfolgerungen, dass diese Einschätzungen daraus resultieren könnten, dass die Menschen diese Emotionen z.B. über den Kontext aus Filmen gelernt hatten. Um diesen Gedanken weiter zu verfolgen, wertete er zunächst Filmmaterial aus, welches bei einem Volk in Papua-Neuguinea ohne Kontakt zur restlichen Welt gedreht worden war. Er fand die glei-

chen emotionalen Reaktionen, wie bei Menschen der westlichen Welt auch (Ekman, 2004). Um nun noch sicherzugehen, dass die gezeigten Emotionen nicht einem anderen Kontext entsprungen waren, z.B. Lachen, wenn man Ärger verspürt, führten Ekman und sein Team 1967 und 1968 selbst Versuche in Papua-Neuguinea mit dem Stamm der Fore durch. Sie zeigten den Teilnehmern Bilder verschiedener Gesichtsausdrücke und ließen sie eine Geschichte erfinden, wie es zu dieser mimischen Regung gekommen war. Da sich das aufgrund sprachlicher Barrieren als schwierig gestaltete, wurde den Teilnehmern im Jahr 1968 eine Geschichte erzählt und sie sollten aus verschiedenen Bildern das Gesicht mit der passenden Emotion auswählen. In beiden Versuchen deckten sich die Ergebnisse mit dem Emotionsverständnis unseres Kulturkreises und bestärkten Ekmans Theorie, dass bestimmte Emotionen universell sein müssen. Bei diesen diskreten Basisemotionen handelt es sich um Freude, Ärger, Trauer, Ekel, Überraschung und Angst (Ekman & Lazarus, 1980).

Der Überraschung schreibt er eher eine besondere Position zu. Die Bedingungen, dass sie unvermittelt auftritt und nur kurz, bzw. definitiv am kürzesten von allen Emotionen anhält, sind zwar erfüllt, allerdings wirft diese extrem begrenzte Dauer auch die Frage auf, ob es sich überhaupt um eine Emotion handelt. Es ist denkbar, dass der Zustand der Überraschung so kurz ist, dass er weder angenehm noch unangenehm ist, sondern vielmehr eine Basisemotion (z.B. Angst oder Trauer) folgt. Wenn die kognitive Bewertung ergibt, dass das überraschende Ereignis zu unbedeutend war, muss auch keine Reaktion folgen (Ekman, 2004).

Auch die Untersuchungen am Volk der Fore haben gezeigt, dass die Unterscheidung von Überraschung und Angst nicht ganz eindeutig ist, was daran liegen könnte, dass die angstauslösenden Ereignisse oft plötzlich und unerwartet kamen (Ekman & Lazarus, 1980). Ähnliche Zusammenhänge zwischen Überraschung und Angst konnten auch in anderen Versuchen beobachtet werden (Adolphs et al., 1995).

Insgesamt beschreibt Ekman neun Charakteristika (siehe Tabelle 1), anhand derer er die Basisemotionen untereinander und von anderen Zuständen, wie Stimmungen unterscheiden kann (Ekman, 1992).

Obwohl die Ansicht, dass Basisemotionen auch bei anderen Primaten zu finden sind, an die Theorien Darwins angelehnt ist und Beobachtungen dafür existieren, dass Primaten menschenähnliche Gesichtsausdrücke generieren (Ekman, 1992), sieht Ekman neben der evolutionären Entstehungstheorie auch einen kulturellen Einfluss auf Emotionen. Die grundlegende Bildung einer Emotion bzw. der grundlegende Gesichtsausdruck wird durch die Aktivität bestimmter Muskeln hervorgerufen, welche dafür sorgen, dass sich die mimischen Ausdrücke für Traurigkeit und Freude signifikant unterscheiden, ein freudiges Gesicht aber immer als solches erkennbar ist. Diese Aktivität ist bei jedem Menschen gleich. Die Ursachen, warum bestimmte Emotionen hervorgerufen werden, das Verbergen von Emotionen und die

Reaktion auf einen gezeigten Ausdruck (mit einer Folge für die nächste ähnliche Situation) unterliegen kulturellen Einflüssen (Ekman & Lazarus, 1980). Diese kulturellen Einflüsse ergeben Abstufungen in den evolutionär angelegten Ausdrücken bzw. minimale Unterschiede, die die Einteilung in Emotionsfamilien erlaubt. Demnach gibt es nicht einen Ausdruck für eine bestimmte Emotion, sondern viele verschiedene (Ekman, 1992). Für die Emotion Angst beschrieben Ekman und Friesen (1975) 60 verschiedene Ausdrücke.

	Grundlegend in Bezug auf:	
	Unverwechselbare Zustände	Biologischer Beitrag
Unverwechselbare universelle Signale	x	x
Vorhandensein bei anderen Primaten		x
Unverwechselbare Physiologie	x	x
Unverwechselbare Universalien in vorangehenden Ereignissen	x	x
Kohärenz zwischen emotionalen Reaktionen		x
Schnelles Einsetzen		x
Kurze Dauer		x
Automatische Bewertung		x
Unvermitteltes Auftreten		x

Tabelle 1: Kennzeichen von Basisemotionen, wobei die Merkmale 1, 3 und 4 der klaren Abgrenzung zu anderen Emotionen dienen und jedes Merkmal eine nützliche biologische Eigenschaft bspw. zur Überlebensicherung darstellt (Tabelle modifiziert nach Ekman, 1992, S. 175)

Einige der Charakteristika, wie unverwechselbare Signale i.S. einer für jeden abgrenzbaren Mimik, sowie das unvermittelte, d.h. wenig bis nicht beeinflussbare Auftreten der Emotion als Produkt des schnellen Einsetzens, der kurzen Dauer und einer automatischen (teilweise sogar unbewussten) Bewertung erscheinen weitgehend unstrittig.

Kritisiert wurden seine Theorien, bzw. die Theorie von Basisemotionen in der Vergangenheit v.a. dafür, dass die Betrachtungen recht einseitig sind. Neben fehlender Beweise dafür, dass für jede Emotion ein spezielles Aktivierungsmuster im autonomen Nervensystem existiert, kann o.g. Zusammenhang zwischen Überraschung und Angst als Beleg von Russels (2009) genanntem Problem gesehen werden, dass Emotionen eben selten allein auftreten und keine anerkannte Theorie bekannt ist, wie und ob sie sich vermischen. Neben der Mimik und Gestik existiert als weiteres wichtiges Ausdrucksmedium die Sprache. Allerdings gibt es keine kulturübergreifenden eindeutigen Übersetzungen von Emotionsbezeichnungen (James A. Russell, 2009). Dieses Problem ereilte auch Ekman bei seinem ersten Besuch in Papua-Neuguinea (Ekman, 2004).

In wissenschaftlichen Untersuchungen, in denen eine Klassifizierung von Emotionen nötig ist, wird daher häufiger das Konzept eines zweidimensionalen Raums mit den Dimensionen Valenz und Aktivierung (siehe Abbildung 4) genutzt. Die Charakterisierung erfolgt anhand von Extremen, wie z.B. „Schläfrigkeit“ und „Anspannung“ (J. A. Russell, 1980). Es handelt sich um ein gern genutztes Konzept, Emotionen zu erfragen, da die Abbildung zwischen den Skalen kontinuierlich und einfach ist (Delplanque et al., 2017).

Untersuchungen, die gezeigt haben, dass die Duftkriterien Hedonik und Intensität (als Korrelate für Valenz und Aktivierung) ebenfalls stark zusammenhängen, legen auch bei der Duftklassifikation die Einordnung in einem Dimensionsmodell nahe (Bensafi et al., 2002a). Diese Tatsache unterstreicht zum einen den Zusammenhang von Emotionen und Düften und wirft zum anderen die Frage auf, inwiefern es Überschneidungen in der neurologischen Verarbeitung gibt.

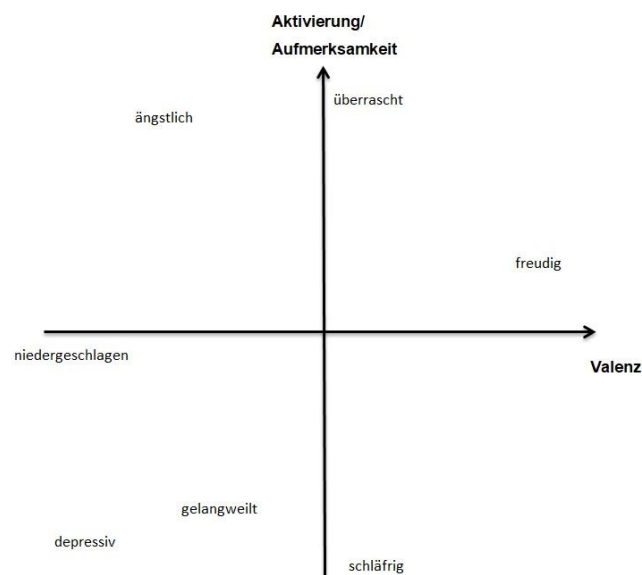


Abbildung 4: Das Dimensionsmodell der Emotionen bestehend aus der Valenz (x-Achse) und der Aktivierung (y-Achse) erlaubt eine abstufungsfreie Einteilung emotionaler Zustände (Quelle: eigene Abbildung nach J. A. Russell, 1980, S. 1167)

2.2.3 Emotionsgenerierung

Analog zu den verschiedenen Emotionstheorien existieren auch verschiedene Hypothesen über die neuronale Entstehung von Emotionen. Zum einen gibt es Hinweise dafür, dass bestimmte Emotionen in definierten Hirnarealen generiert werden. Zum anderen gehen Hypothesen davon aus, dass Emotionen Netzwerken verschiedener Areale entspringen, die nicht spezifisch für eine bestimmte Emotion sind (Lindquist et al., 2012). Unter dem evolutionären Aspekt lässt sich das Gehirn in drei Teile untergliedern: das älteste Gebiet, welches u.a. den Hirnstamm umfasst, dient der grundlegenden Überlebenssicherung. Der Neokortex als

jüngster Teil macht einen Großteil des für uns sichtbaren Gehirns aus. Ihm obliegen höhere Prozesse, wie Bewusstsein und Handlung. Von beiden Systemen eingeschlossen gibt es eine Reihe kortikaler und subkortikaler Strukturen, die kognitive Prozesse regulieren: das limbische System (Soudry et al., 2011).

Bereits 1878 beschrieb der Neurologe Paul Broca eine ringförmige untereinander verbundene Gruppe Hirnstrukturen. Entsprechend der lateinischen Bezeichnung „Limbus“ für Ring, nannte er das System Lobus limbicus. Zu dieser Zeit vermutete man allerdings noch einen grundhaften Zusammenhang mit dem Geruchssinn. Erste Überlegungen hinsichtlich einer Verbindung zwischen Brocas Lobus limbicus und Emotionen entstanden erst ca. 50 Jahre später, als der Amerikaner James Papez postulierte, dass eine Rückkopplungsschleife zwischen Neokortex und Strukturen des Lobus limbicus (z.B. Gyrus cinguli, Corpora mammillaria u.a.) ein Emotionssystem bilden könnte (Pape et al., 2019). Geprägt wurde der Begriff „Limbisches System“ 1952 durch Paul MacLean.

Neben den Strukturen des Papez-Kreises, d.h. Hippocampus, Fornix, Corpora mammillaria, Ncl. anterior thalami und Gyrus cinguli, zählt man auch die Amygdala, den Präfrontalkortex und die Area septalis zum Limbischen System (Rothermund & Eder, 2011). Heute weiß man, dass o.g. Strukturen außerdem eine wichtige Rolle in Lernprozessen, Antrieb und Motivation, sowie vegetativer Regulation spielen (Trepel, 2017). Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über Hirnregionen gegeben werden, die sowohl in der Verarbeitung von Emotionen, als auch von Düften eine zentrale Rolle spielen (Sharpley & Bitsika, 2010; Soudry et al., 2011; Uddin et al., 2017).

2.2.3.1 Amygdala

Von klassischen Konditionierungen, in denen unangenehme bzw. schmerzhaft Reize gepaart mit neutralen Reizen, z.B. Tönen, die Furcht hervorrufen, bis hin zu Läsionsstudien, wo Patienten mit Amygdaladefekten ohne Angst mit Spinnen und Schlangen arbeiten (Karnath & Thier, 2012). Ihr Fazit ist gleich: Die Amygdala ist eines der wichtigsten zerebralen Zentren für die Generierung und Verarbeitung von Angst (Lindquist et al., 2012).

Beim Corpus amygdaloideum, oder kurz Amygdala, handelt es sich um einen Kernkomplex im subkortikalen Marklager des Telencephalons, genauer im vorderen Temporallappen. Anhand histologischer und funktioneller Besonderheiten lassen sich zahlreiche Einzelkerne unterscheiden, die entweder der basolateralen oder der kortikomedialen Kerngruppe zuzuordnen sind. Zahlreiche komplexe Verschaltungen zwischen den Einzelkernen ermöglichen eine ausgeprägte Informationsverarbeitung innerhalb der Amygdala (Schmeißer et al., 2020). Über die laterale Amygdala treffen Informationen aus sensorischen Kortexarealen und subkortikalen sensorischen Zentren (z.B. Thalamus) zusammen, um über die basolaterale in die zentrale Kerngruppe projiziert zu werden. Efferenzen in z.B. Hypothalamus und Hirnstamm

vermitteln angemessene körperliche Reaktionen (A. Hamm et al., 2006). Diese Kerngruppen sind so auch Teil eines Kreises neurologischer Strukturen, die an der Formierung des Angstgedächtnisses beteiligt sind. Neben der lateralen Amygdala, in welcher angsteinflößende Töne verarbeitet werden und der basolateralen Gruppe, die für die Erinnerung von Vermeidungsverhalten zuständig ist, spielen auch der Hippocampus und der Präfrontalkortex eine wichtige Rolle (Izquierdo et al., 2016). Allerdings scheint die Amygdala auch an der Prozessierung anderer aversiver Reize beteiligt zu sein. Eine Untersuchung einer Patientin mit Schädigung beider Amygdalae zeigte, dass durch die Schädigung nicht nur die Erkennung von ängstlichen, sondern auch von wütenden oder überraschten Gesichtern nur eingeschränkt möglich war. Bei Patienten mit nur einseitiger Schädigung trat dieses Phänomen nicht auf (Adolphs et al., 1995). Fraglich bleibt, ob es sich hierbei tatsächlich um eine Schädigung in der Emotionserkennung oder um eine gestörte Intensitätswahrnehmung handelt, wie sie auch bei olfaktorischen Reizen (s.u.) beobachtet wurde.

Dass zwischen den Kerngebieten und dem BO direkte Verbindungen zur Weiterleitung und v.a. raschen Verarbeitung olfaktorischer Emotionen bestehen, macht die Amygdala zu einem Teil des POC (Patin & Pause, 2015). Andererseits hebt es den emotionalen Charakter von Düften hervor. Das Geruchs- und Geschmackssystem ist jeweils in der Lage eine besonders starke Amygdala-Aktivität hervorzurufen (Patin & Pause, 2015). Nur das Geruchssystem leitet über den BO direkte, unverarbeitete Afferenzen zur Amygdala weiter (Karnath & Thier, 2012).

Analog zu den Emotionen verarbeitet die Amygdala eher aversive Düfte. Eine Exposition gegenüber faulig riechendem Schwefelgeruch zeigte in bildgebenden Untersuchungen einen erhöhten Blutfluss in beiden Amygdalae, wohingegen subjektiv besser bewertete Gerüche an den gleichen Probanden keine erhöhte i.S. eines gesteigerten Blutflusses zeigten (Zald & Pardo, 1997). Weitere Versuche auf diesem Gebiet wiesen allerdings drauf hin, dass die Aktivität der Amygdala eher auf der Exposition gegenüber intensiven Düften unabhängig von der Valenz beruhen könnte (Gottfried, 2006), bzw. dass die Aktivierung gleichermaßen durch angenehme und unangenehme Düfte erfolgt (Wicker et al., 2003).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Amygdala v.a. für die Verarbeitung sensorischer Signale, die Verarbeitung und Modulation viszeraler Informationen und die Beeinflussung von Emotionen zuständig ist (Patin & Pause, 2015). Insbesondere durch ihre Verbindungen zum Hippocampus ist sie aber auch an der Bildung (unbewusster) Erinnerungen beteiligt (Herz & Cupchik, 1995; Ledoux, 2007). Dadurch und durch die Tatsache, dass olfaktorische Emotionen direkt, d.h. ohne Umweg über den Kortex in die Amygdala entsandt werden, lassen sich zumindest teilweise die starken, durch Düfte hervorgerufenen emotionalen Erinnerungen erklären.

Dabei laufen überwiegend, aber keineswegs ausschließlich, angstbezogene Prozesse ab (Dalglish et al., 2009).

2.2.3.2 Insula

Der Lobus insularis liegt als Teil des Kortex am Boden des Sulcus lateralis, wo er vom Lobus frontalis bedeckt wird. Der Sulcus insularis unterteilt die Insula in einen anterioren und posterioren Part. Diese sind durch Gyri weiter aufgegliedert (Uddin et al., 2017). Der Komplex aus entorhinalem Kortex und Insula ist auch als sekundär olfaktorischer Kortex bekannt (Soudry et al., 2011), wobei insbesondere der anteriore Part in Tierversuchen Verknüpfungen zum POC aufwies (Uddin et al., 2017). Allerdings beschränken sich diese Verbindungen nicht allein darauf. Die Insula erreichen zusätzlich Affenzen u.a. aus dem gustatorischen System und aus dem Körperinneren (Koeppel et al., 2020). Das legt nahe, dass es sich bei der Insula um einen Assoziationskortex handelt, in welchem z.B. gustatorische und olfaktorische Informationen zu höherwertigen Geschmacksinformationen integriert werden (Rolls et al., 2003).

Fasst man wissenschaftliche Erkenntnisse zusammen, kann man von der Insula als ein „aversives Zentrum“ sprechen (Sharpley & Bitsika, 2010): Neben ihrer Beteiligung an der Prozessierung unangenehmer Emotionen, ihrer Rolle bei der Verarbeitung menschlicher Mimik und der daraus folgenden Einschätzungsfähigkeit der Emotionen des Gegenübers (Soudry et al., 2011), leistet sie einen beträchtlichen Beitrag zur Wahrnehmung von Ekel. So zeigten Wicker und Kollegen in einer MRT-Studie, dass allein das Sehen angeekelter Gesichter (unter der Bedingung, dass Ekel erkannt wird) die gleichen Areale der anterioren Insula und des ACC aktiviert, wie das Fühlen selbst durch Exposition gegenüber ekligen Düften (Wicker et al., 2003). Analog dazu spielt der posteriore Lobus insularis eine Rolle beim aversiven Lernen und ist ebenfalls gemeinsam mit dem ACC sowohl bei Schmerzzuständen (Corradi-Dell'Acqua et al., 2011), als auch beim Beobachten von schmerzgeplagten Menschen aktiv, was als neurologisches Korrelat von Empathie bzw. echtem „Mitfühlen“ verstanden werden kann (Sharpley & Bitsika, 2010). Andere MRT-Studien hingegen zeigten, dass die anteriore Insula wie o.g. durch negative Düfte, gleichzeitig aber auch durch positive Düfte (Rolls et al., 2003) und beim Sehen bzw. bei der Imitierung von glücklichen Gesichtern aktiv wird (Pohl et al., 2013).

2.2.3.3 Orbitofrontalkortex

Hierbei handelt es sich um eine über den Augen, also an der Basis des Frontallappen gelegene Region des Präfrontalkortex (Trepel, 2017), welcher zusätzlich zur orbitoventralen Region in eine mediale und dorsolaterale Region unterteilt werden kann (Soudry et al., 2011). Funktionell relevant ist die zytoarchitektonische Einteilung in eine agranuläre posteriore Re-

gion und eine anteriore granuläre Region, die ein dysgranuläres Areal umschließen (Morecraft et al., 1992). Von besonderem Interesse für diese Arbeit ist jedoch die granuläre Region des OFC, da sich hier die stärksten und konstantesten Reaktionen auf Stimulation des Riechkolbens darstellen ließen (Gottfried & Zald, 2005).

Der OFC ist eine entwicklungsgeschichtlich junge Struktur handelt. Dass aber auch alte Individuen duftbedingtes Verhalten zeigen, impliziert zunächst, dass der Präfrontalkortex bzw. speziell der OFC nicht zwingend für eben genanntes notwendig zu sein scheint (Gottfried, 2010). Da der OFC v.a. im Menschen und in Primaten stark ausgebildet ist, ist die Annahme plausibler, dass er als Integrationszentrum verschiedenster sensorischer (darunter gustatorisch, olfaktorisch, visuell und auditorisch), interozeptiver und emotionaler Afferenzen fungiert (Rolls, 1999). Wichtige Funktionen sind dabei u.a. die Integration der Emotion in höhere Prozesse, wie Entscheidung und Handlungsmotivation sowie Verarbeitung emotionsbezogener autonomer Informationen (Soudry et al., 2011). Sowohl für die Verarbeitung von Emotionen, als auch von Düften scheinen die Verbindungen zur Amygdala und anderen Teilen des POC interessant zu sein (Bechara, 2000; Gottfried, 2006). Dadurch ließe sich auch der Verlust des duftbezogenen Erinnerungsvermögens erklären, wie er in einem Versuch an Patienten mit definierten zerebralen Exzisionen insbesondere für den rechten OFC nachgewiesen werden konnte (Jones-Gotman & Zatorre, 1993).

Den Wert des OFC für kognitive Prozesse höherer Ordnung unterstreichen auch Läsionsuntersuchungen auf dem Gebiet der Olfaktion: Patienten mit einer orbitoventralen Schädigung wiesen gravierende Defizite in der Geruchsdiskriminierung auf. In Untersuchungen hinsichtlich der Dufterkennung bzw. Duftschwelle, d.h. Funktionen die auch weniger hoch entwickelte Individuen zeigen, waren sie allerdings signifikant besser, als gesunde Kontrollen (Potter & Butters, 1980). Anders als bei der Insula, bei welcher sowohl positive, als auch negative Geruchsinformationen zur Aktivierung eines bestimmten Areals führen (*siehe 2.3.3 Insula*), scheint im OFC eine räumliche Trennung stattzufinden: negativ gefärbte Düfte werden überwiegend im linken und angenehme Düfte eher im rechten OFC verarbeitet (Grabenhorst et al., 2007). Darüber hinaus ist der rechte OFC auch Ort des Bewusstwerdens olfaktorischer Informationen (Aumüller et al., 2020). Während eine Übersicht verschiedener Studien dem OFC Bedeutung als Zentrum für Wut beimisst (Lindquist et al., 2012), legen andere Autoren nahe, dass Störungen nicht, wie in anderen Arealen beobachtet, zu Veränderungen in Bezug auf bestimmte Emotionen (z.B. Amygdala und Angst) führen. Es kommt vielmehr zu einer unspezifischen Wesensänderung. Angefangen bei dem Patienten Phineas Gage (Macmillan, 2002) sind Betroffene unflexibel in ihrem Verhalten, pflegen einen enthemmten sozialen Umgang und Dinge wie Struktur und Planung fallen schwer (Rolls et al., 1994).

2.2.3.4 Anteriorer cingulärer Kortex

Die aus den Broca-Arealen 24, 25, 32 und 33 bestehende Struktur hat Anteile am Gyrus cinguli und ist damit dem limbischen System zuzuordnen. Der ACC lässt sich funktionell in einen kognitiven und einen affektiven Part unterteilen (Bush et al., 2000). Bereits 1987 konnten mittels Traceruntersuchungen an Rhesusaffen diverse, teils reziproke, Verbindungen des kognitiven Parts mit anderen Hirnarealen aufgedeckt werden. Dazu zählen u.a. der Hippocampus, der OFC und die Amygdala (Vogt et al., 1992; Vogt & Pandya, 1987). Die Verbindungen zur Amygdala betreffend, fand eine MRT-Studie heraus, dass eine Art Top-Down Kontrolle vom ventralen Anteil des ACC zur Amygdala besteht, welche vom persönlichen Streben nach Belohnung einer jeden Person abhängt. Diese moduliert die Wahrnehmung aggressiver Gesichter und führt dazu, dass Menschen mit gering ausgeprägtem Belohnungsstreben eher ängstlich reagieren, während bei starker Ausprägung eher mit Gegenaggressionen zu rechnen ist (Passamonti et al., 2008). Es ist also davon auszugehen, dass der ACC v.a. eine regulatorische Funktion innehat. Zu diesem Schluss kommen nicht nur Lindquist und Kollegen (2012), welche sich, unter Betrachtung verschiedener Läsionsstudien und Metaanalysen (u.a. Phan et al., 2002), auf die Beteiligung des ACC an Traurigkeit (z.B. dem Weinen bei Trennung von der Mutter) beziehen. Auch die Ergebnisdiskussion einer, den Geschmack betreffenden, PET-Untersuchung ergibt zwar eine Beteiligung des ACC an der hedonischen Bewertung von Geschmacksstoffen, diese sei aber nicht auf grundlegende Geschmacksverarbeitung ausgelegt, sondern höherer Natur (z.B. emotionale Konditionierung). Insgesamt wird dem ACC so v.a. als Endpunkt gustatorischer Projektionen Bedeutung beigemessen (ZALD et al., 1998). Im Rahmen der Duftverarbeitung wird der ACC, insbesondere der dorsale Anteil, bei der Präsentation unangenehmer Düfte aktiviert, wie Untersuchungen hinsichtlich der neurologischen Aktivität bei Duftgemischen mit angenehmen und unangenehmen Komponenten zeigten. Auch hier liegt der Fokus also auf der hedonischen Prozessierung (Grabenhorst et al., 2007).

Nicht zuletzt unterstreicht der von Zald und Kollegen (1998) durchgeführte Versuch durch Darlegung des engen Zusammenhangs zwischen Amygdala, OFC und ACC die o.g. Netzwerkhypothese der Emotionsgenerierung.

2.2.4 Emotionen in der Mimik

Anders als im Tierreich, wo z.B. Flucht oder Körperpflege als emotionale Ausdrucksweisen gelten, zählt beim Menschen neben Stimme und Gestik v.a. die Mimik dazu (Karnath & Thier, 2012). Für ihre Entstehung sind die oberflächlichen Muskeln des menschlichen Gesichts sowie des Halses zuständig, wie sie in Abbildung 5 dargestellt sind (Schünke et al., 2018).

Abbildung 5: Darstellung der mimischen Muskeln, insbesondere der beiden Ringsysteme (M. orbicularis oris und M. orbicularis oculi) und der wichtigsten einstrahlenden Muskeln (Schünke et al., 2018, S. 78)

Diese entwickeln sich embryologisch allesamt aus dem 2. Pharyngealbogen und werden, abgesehen von der Kaumuskulatur, entsprechend vom N. facialis (VII. Hirnnerv) innerviert (Hilton & Gerber, 2020). Aus dem Ncl. n. facialis im Pons entspringend, treten die speziell viszeromotorischen Fasern zur Innervation der mimischen Muskeln am Kleinhirnbrückenwinkel aus, um durch den Porus acusticus internus in die Pars petrosa des Os temporale zu ziehen (Schünke et al., 2018).

Durch das Foramen stylomastoideum tretend, bilden die Fasern in der Glandula parotidea einen Plexus, welchem die Zweige, darunter der Ramus marginalis mandibulae und die Rami temporales, Rami buccales sowie Rami zygomatici, zur Innervation des Gesichts entspringen (Aumüller et al., 2014).

Anatomische Untersuchungen haben gezeigt, dass das menschliche Gesicht grundlegend aus fünf verschiedenen Schichten besteht. An die tiefste Schicht, die abhängig von der Region aus Periost oder einer lokalen Faszie besteht, schließt sich das tiefe subdermale Fettgewebe an, welches durch die Faszia superfizialis vom oberflächlichen subdermalen Fettgewebe, der zweiten Schicht, getrennt wird. Oberflächlich wird dieses System von der Haut abgeschlossen, welche neben ihrer Barrierefunktion v.a. die Übertragung der, durch die Muskeln generierten, Kontraktionen als Mimik verfolgt (Alfertshofer & Cotofana, 2021).

Das Zusammenwirken o.g. Schichten sowie der Muskeln untereinander ermöglicht so feine Bewegungen, dass unser Gesicht ein Minenspiel von freudig bis wütend abbilden kann. Dies legt nahe, dass Unterschiede zur herkömmlichen Skelettmuskulatur bzw. zu anderen Funktionsbereichen des Körpers existieren müssen.

Zunächst haben alle Muskeln ihren Ursprung am Knochen und setzen über elastische Fasern an der Haut an oder strahlen in einen der beiden zentralen ringförmigen Muskelkomplexe, dem M. orbicularis oculi und dem M. orbicularis oris, ein (siehe Abbildung 5), um deren Zugrichtung zu ändern (Aumüller et al., 2014). Sie gehören also nicht einer der fünf Schichten an, sondern können als dreidimensionales System verstanden werden, sodass für die Funktion nicht nur die Lage im Gesicht, sondern auch die Tiefe entscheidend ist (Hilton & Gerber, 2020).

Außerdem haben sie mit Ausnahme des M. buccinator keine eigenen Faszien. Vielmehr strahlen überall in den Muskel bindegewebige Fasern ein, welche für feinere Abstufungen in der Funktion und damit für die Feinheit unserer Mimik verantwortlich zu sein scheinen (Aumüller et al., 2014; Hilton & Gerber, 2020).

Ein ähnliches dreidimensionales System bilden auch die Haltebänder. Dem Verlauf der Äste des N. facialis folgend, unterteilen sie das Fettgewebe in Kompartimente und sorgen damit

u.a. für interindividuelle Unterschiede in einer Emotion (z.B. Freude bzw. Lachen). Andererseits geben sie dem alternden Gesicht auch seine typische Form, die von Falten und Gruben geprägt ist (Alghoul & Codner, 2013). Interessanterweise fanden Farahvash und Kollegen (2010) im Rahmen einer anatomischen Untersuchung von Gesichtern iranischer Menschen posthum wesentliche Unterschiede in Aufbau und Beschaffenheit verschiedener Gesichtsmuskeln (u.a. M. levator alae nasii), der Nasolabialfalte und charakteristischer Stirn- und Wangenfalten verglichen mit vorliegenden Daten, die an Menschen westlicher Staaten erhoben worden sind (Farahvash et al., 2010). Während die gewonnenen Erkenntnisse von den Autoren v.a. mit Blick auf die ästhetische Chirurgie interpretiert wurden, stellt sich die Frage, ob diese Unterschiede in der Muskulatur ebenso zu den feinen Abstufungen innerhalb von Basisemotionen beitragen, wie die von Ekman diskutierten kulturspezifischen lerntheoretischen Einflüsse (z.B. erlerntes Verbergen von Emotionen).

Die Anatomie des Gesichts stellte auch den Kernpunkt für das 1976/1978 durch Paul Ekman und Wallace Friesen entwickelte FACS dar. Es handelt sich um eine rein deskriptive Anwendung zur detaillierten Klassifikation von Gesichtsbewegungen, d.h. FACS selbst erlaubt keine Folgerung auf eine bestimmte Emotion (Clark et al., 2020). In Studien konnte allerdings gezeigt werden, dass es sehr wohl geeignet ist, um diskrete oder nicht eindeutig den universellen Emotionen zuzuordnende Ausdrücke zu klassifizieren (J. Hamm et al., 2011). Für die Zuordnung zu Emotionen existieren Weiterentwicklungen wie z.B. EMFACS, ein Codiersystem, das im Gegensatz zu FACS nur emotionsrelevante Gesichtsbewegungen erfasst (Brandstätter & Otto, 2009).

Die angesprochene Codierung erfolgt als sog. AU. Dabei handelt es sich um die kleinstmöglich unterscheidbaren Aktionen von Gesichtsmuskeln. Jeder AU ist also ein Muskel bzw. sind selten einige wenige Gesichtsmuskeln zugeordnet. Ekman unterscheidet 78 AUs, welche jeweils eine Beschreibung und eine Nummer erhalten. Außerdem wird jeder AU einer Kategorie (u.a. oberes/unteres Gesicht, Augen- bzw. Kopfposition oder grobe Verhaltensweisen ohne konkrete anatomische Basis) zugewiesen. So sind z.B. Kopfpositionen relevant, weil sie die Bedeutung bestimmter ähnlicher Gesichtsbewegungen beeinflussen können. Dies impliziert auch, dass es Kombinationen von AUs gibt, welche entweder nebeneinander auftreten, ohne sich zu beeinflussen oder aber voneinander abhängen können (Cohn et al., 2007).

In der ursprünglichen Form erfolgte die systematische Analyse durch geschulte Beobachter, sodass trotz eines intensiven Trainings der Nachteil subjektiver Verzerrungen der Ergebnisse verblieb. Dies und der extreme zeitliche Aufwand führten letztlich zur Entwicklung automatisierter Systeme auf der Basis von FACS (J. Hamm et al., 2011). Auf solch einem automatisierten Verfahren basieren auch die Datenanalysen des vorliegenden Versuches.

3. Material und Methoden

3.1 Probanden und ethische Aspekte

Insgesamt wurden für die Studie 165 Probanden, davon 102 Frauen zwischen 18 und 67 Jahren ($M = 27,7$ Jahre, $SD = 11,1$ Jahre) und 63 Männer zwischen 18 und 69 Jahren ($M = 29,1$ Jahre, $SD = 12,3$ Jahre) über Aushänge und Anzeigen rekrutiert.

Um an der Studie teilnehmen zu können, mussten die Teilnehmer mindestens 18 Jahre alt sein und sollten zu den Normosmikern gehören, bzw. keine Erkrankungen aufweisen, die das Riechvermögen negativ beeinflussen können. Zu diesen Erkrankungen zählen z.B. neuronale Erkrankungen, wie Morbus Parkinson (Sanjari Moghaddam et al., 2019). Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass Psychosen, Schizophrenie u.a. Erkrankungen die Identifikation gewisser Düfte abhängig von den Symptomen erschweren oder positive Düfte als über die Maßen angenehm betrachtet werden (Urban-Kowalczyk et al., 2019). Dies führt entsprechend zu einer Verzerrung in der Auswertung der Emotionen auf angebotene Gerüche. Da der Versuch den Probanden auch das Lesen und Verstehen deutschsprachiger Texte abverlangte, zählten mangelnde Lesefähigkeiten, z.B. durch eine ausgeprägte Hyperopie oder Presbyopie und ungenügende Deutschkenntnisse zu den Ausschlusskriterien für die Teilnahme.

Aufgrund o.g. Kriterien erfolgte der Ausschluss zweier Probanden, zum einen wegen einer psychischen Erkrankung, zum anderen wegen eines starken Sehfehlers.

Fünf weitere Probanden erzielten kein ausreichendes Ergebnis im ID.

Im Verlauf der Auswertung wurden weitere zwölf Probanden ausgeschlossen, da auffiel, dass Veränderungen der Mimik durch Sprechen oder plötzliche Kopfbewegungen während

des Versuches zu Verzerrungen in der Auswertung führten. Letztlich konnten die Daten der 146 verbleibenden Probanden in die statistische Auswertung eingeschlossen werden.

Die Probanden wurden zu Beginn der Sitzung ausführlich über den Versuchsablauf und ihre Rechte als Studienteilnehmer aufgeklärt. Dazu zählten, dass der Versuch zu jeder Zeit auf Wunsch des Probanden abgebrochen werden durfte und die Daten gemäß Europäischer Datenschutzgrundverordnung vom 25.05.2018 erhoben und verwendet wurden.

Die Studie wurde gemäß der Deklaration von Helsinki durchgeführt und vorab von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität Dresden genehmigt.

3.2 Ablauf

Für die Versuchsdurchführung wurden die Probanden lediglich zu einem Einzeltermin einbestellt. Es fand keine Nachuntersuchung statt. Die benötigte Dauer betrug je nach Redezeit der Teilnehmer ca. 30-40 Minuten. Vor dem eigentlichen Beginn wurde jeder Teilnehmer über den Versuch aufgeklärt und füllte einen Fragebogen zu persönlichen Informationen und Gesundheitsbelangen aus. Der Versuch setzte sich aus einer Voruntersuchung und dem eigentlichen Hauptteil, der mehrere Aufgaben an die Teilnehmer stellte, zusammen.

Die Voruntersuchung diente der Feststellung unerkannter Riechstörungen. Dazu wurde der ID der „Sniffin‘ Sticks“-Reihe verwendet (Hummel et al., 1997).

Um ein Nachlassen der Aufmerksamkeit bei den Probanden zu verhindern, bekam nicht jeder Proband alle vier ausgewählten Düfte angeboten, sondern die Düfte wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Zusätzlich wurde jedem Probanden Wasser als geruchsneutrale Vergleichssituation angeboten. So bildeten Wasser, Rose und Fisch Kombination 1 und Kombination 2 bestand aus Wasser, Pfirsich und Teer.

Die Zuteilung der Duftkombinationen zu den Teilnehmern erfolgte nach dem Zufallsprinzip.

Bei drei Einzeldüften pro Kombination nahmen die Probanden folglich an drei aufeinanderfolgenden Duftsitzungen teil (siehe Abbildung 6). Eine Sitzung bzw. Runde im Versuch entsprach also dem Zeitintervall, in dem der Proband einem Duft ausgesetzt war. Innerhalb jeder Runde wurden, wie nachfolgend beschrieben, zwei Teilaufgaben gestellt. Während die Teilaufgaben stets in der gleichen Reihenfolge absolviert werden mussten, wurde die Reihenfolge der Düfte und der Vergleichssituation in den drei Runden zufällig gewählt, was der Vermeidung von Abfolgefehlern diente.

Die Absolvierung der Aufgaben wurde aufgezeichnet, sodass pro Runde zwei, insgesamt sechs, kurze Filmsequenzen entstanden. Für die Festlegung der Länge einer jeden Sequenz wurde berücksichtigt, dass bereits Sekunden nach Expositionsbeginn eine sog. olfaktorische Adaptation beginnt. Das bedeutet, dass olfaktorische Neurone eine reduzierte Reaktion auf den Geruch zeigen, was u.a. eine verminderte Verhaltensreaktion auf den Duft zur Folge hat. Diese hängt auch von der Relevanz des Stoffes ab (Kumazaki et al., 2019). Da die Ergeb-

nisse des Vortests (s. Abschnitt 3.4 Düfte) zeigten, dass die verwendeten Düften in ihrer Hedonik stark variierten, war auch von einer unterschiedlichen Relevanz der Düfte auszugehen (Jacob et al., 2003). Das hatte zur Folge, dass die eingangs beschriebene Zeitdauer zu kurz erschien und eine jede Sequenzlänge schlussendlich auf 30 Sekunden festgelegt wurde.

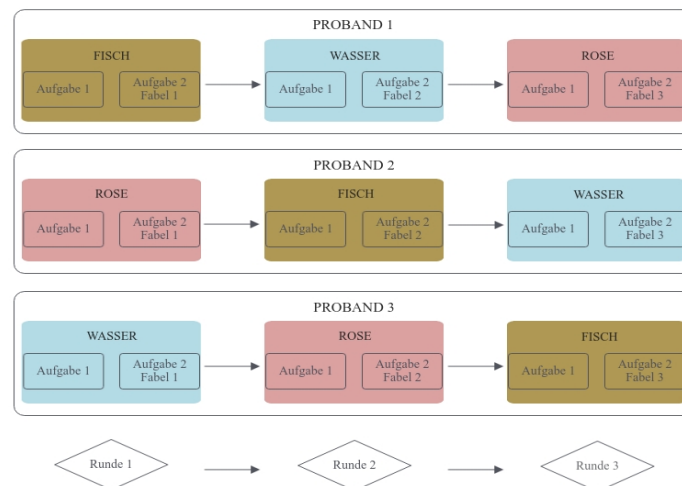


Abbildung 6: exemplarische Darstellung des gesamten Versuchsablaufes für drei verschiedene Probanden (Quelle: eigene Abbildung)

Die erste Aufgabe bestand darin, still vor der Kamera zu sitzen und den Duft zunächst für 30 Sekunden wirken zu lassen. Die Probanden sollten dabei, ohne zu sprechen, überlegen, ob ihnen der Duft bekannt war, ob sie damit eine bestimmte Situation oder ein Gefühl assoziieren konnten und ihn gedanklich hinsichtlich Intensität und Hedonik beurteilen (Teilaufgabe 1, PA).

Dann bekamen die Teilnehmer vom Versuchsleiter eine kurze Fabel (siehe Anhang 1 bis 3) aus dem Tierreich vorgelegt, welche still durchzulesen war (Teilaufgabe 2, AA).

Von der zusätzlichen Durchführung einer AA neben der PA versprochen wir uns Aufschluss über emotionale Reaktionen zu erlangen, wenn der Duft nur ein Hintergrundreiz ist.

Während der drei Duftsitzungen saß der Proband frontal vor der Kamera, bestenfalls im Abstand 50 bis 70 cm. Zwischen den Duftsitzungen, d.h. vor einem neuen Duft wurde eine Pause von zwei Minuten eingelegt, wohingegen die Pausenzeit zwischen den Teilaufgaben 30 Sekunden betrug, um AA vorzubereiten und den Prozess der Adaptation zu unterbrechen (Kumazaki et al., 2019).

Ein entscheidendes Kriterium im Versuchsaufbau war auch, dass der Proband zum Lesen (AA) nicht nach unten schauen musste, da für die Auswertung der Mimik mit der SHORE Software unbedingt das gesamte Gesicht gut sichtbar sein muss. Dazu wurden die Texte so auf verstärkte A4-Schilder aufgebracht, dass in der Mitte des Schildes eine quadratische Aussparung verblieb, sodass die Medien auf die Kamera aufgesteckt werden konnten. Entsprechend fand sich der Text um die Kamera herum angeordnet.

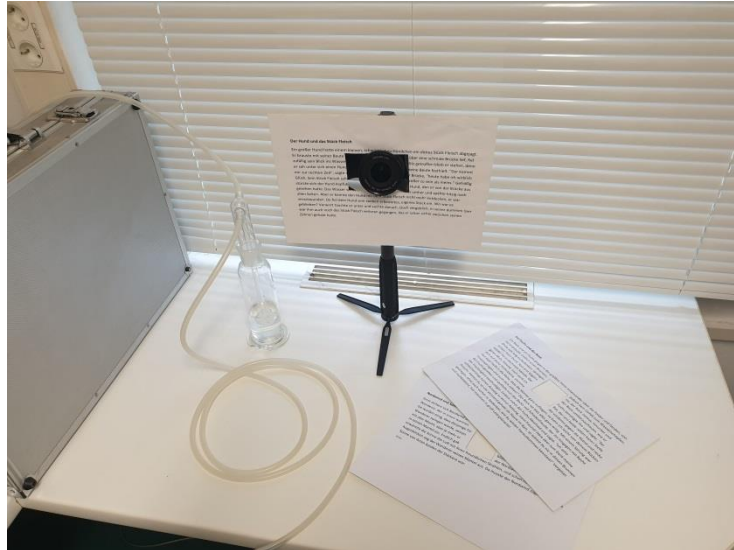


Abbildung 7a: Versuchsaufbau für eine Runde und Aufgabe 2 (Quelle: eigene Aufnahme)

Die Aufzeichnung der Videos erfolgte mit dem Q8 Handy-Videorekorder (ZOOM, Tokio, Japan) angebracht an ein höhenverstellbares Tischstativ (siehe Abbildung 7a). Damit war stets eine optimale Ausrichtung auf das Gesicht des Probanden möglich. Um unabhängig von der Tageszeit für eine konstante Beleuchtung zu sorgen, wurden zwei Leuchten auf das Gesicht des Probanden gerichtet, während das Fenster abgedunkelt und die Deckenleuchte ausgeschaltet waren. Ziel war es, zu vermeiden, dass Lichteinfälle durch das Fenster bzw. die Deckenleuchte für Schatten auf dem Gesicht sorgen konnten.

Im Anschluss an die Videoaufnahmen bekamen die Probanden einen weiteren Fragebogen ausgehändigt.

Der Versuchsleiter war während des ganzen Tests anwesend und stand stets rechts neben dem Probanden, außerhalb des Kamerawinkels. Jedem Teilnehmer wurde vorab erklärt, dass der Versuchsleiter keine Fragen zum Duft beantwortet und während der Aufnahmen auch keine Kommunikation stattfinden sollte, um die natürliche Mimik in Reaktion auf die Düfte nicht zu verfälschen.

3.3 Sniffin' Sticks

Vor Beginn des eigentlichen Versuches wurde ein Screening zur Detektion von Hyp- bzw. Anosmikern durchgeführt, da die Möglichkeit besteht, dass eine olfaktorische Funktionsstörung im Alltag unerkannt bleibt (Oleszkiewicz & Hummel, 2019).

Denkbar waren dafür entweder ein aus zwölf Stiften bestehender Test, welcher auf dem Erkennen von Alltagsdüften beruht (Hummel et al., 2001), oder der sog. ID, ein Modul der dreiteiligen „extended test“-Sniffin-Sticks-Reihe (Burghart Messtechnik, Holm, Deutschland).

Bei den Sniffin-Sticks handelt es sich um eine standardisierte und validierte Methode zur quantitativen Überprüfung der orthonasalen Riechfunktion, welche im deutschsprachigen Raum zur Testung von Riechstörungen empfohlen wird (AWMF, 2016).

Das genutzte Modul, der ID (siehe Abbildung 7b), besteht aus 16 nummerierten Stiften, wobei jeder einzelne einen anderen Alltagsduft gelöst in 1,2-Propandiol enthält. Die Düfte werden in überschwelliger Form dargeboten. Zu jedem Duftstift gibt es eine passende Karte, auf welcher vier Objekte in Schrift- oder Bildform dargestellt sind. Eines der Objekte stellt den im Stift verborgenen Duft dar. Der Untersuchende legt dem Probanden die passende Karte vor, zieht die Schutzkappe vom Riechstift und hält sie in ca. 2 cm Abstand für drei Sekunden mittig unter beide Nasenlöcher (bilaterale Testung), gefolgt von einer Pause über 30 Sekunden bis zur Darbietung des nächsten Dufts (Hummel et al., 2007). Dabei soll aus hygienischen Gründen weder die Nase des Teilnehmers berührt werden, noch der dargebotene Duft durch den Geruch der Hände des Untersuchenden beeinflusst werden.

Im Anschluss entscheidet der Proband anhand der gegebenen Möglichkeiten auf der Karte, um welchen Duft es sich handelt. Für jeden richtig erkannten Duft erhält der Teilnehmer einen Punkt, maximal 16 Punkte sind erreichbar.



Abbildung 7b: Die 16 Stifte des ID der Sniffin' Sticks-Reihe und die dazugehörigen Auswahlkarten (Quelle: eigene Aufnahme)

Für eine detaillierte Untersuchung der olfaktorischen Funktion können außerdem die individuelle Riechschwelle (Schwellentest) und die Fähigkeit, Gerüche voneinander zu unterscheiden (Diskriminationstest), geprüft werden (AWMF, 2016).

Auch hierbei werden Punkte vergeben, sodass schlussendlich der sog. SDI-Wert ermittelt werden kann. Im gesamten Test können insgesamt 48 Punkte erreicht werden. Abhängig

vom Ergebnis liegt eine Normosmie, eine Hyposmie oder eine Anosmie vor. Die Grenzen variieren allerdings abhängig vom Alter und dem Geschlecht der Teilnehmer und wurden in unterschiedlichen Untersuchungen u.a. von Kobal und Kollegen festgelegt (Kobal et al., 2000).

Unter dem Aspekt, dass sowohl Menschen mit angeborener als auch mit erworbener An- oder Hyposmie unter stärkerer sozialer Unsicherheit, Stimmungsschwankungen und erhöhtem Risiko für die Ausbildung einer Depression leiden (Croy et al., 2012; Temmel et al., 2002), was nachweislich Auswirkungen auf die Mimik hat (Juckel, 2005), gestaltete sich die Beurteilung der individuellen Ergebnisse hinsichtlich einer Teilnahme am Versuch schwierig. Andererseits konnte gezeigt werden, dass z.B. altersbedingte Riechminderung v.a. Riechschwellen betrifft, während das Wahrnehmen überschwelliger Düfte, wie sie im Versuch genutzt wurden, weitgehend erhalten bleibt (Hummel et al., 2007). Ähnliches gilt auch für die ätiologisch am häufigsten vorkommenden sinunasalen Riechstörungen (Hummel & Welge-Lüssen, 2009).

Unter Abwägung o.g. Überlegungen werteten wir die Ergebnisse schließlich entsprechend einer groß angelegten Studie aus dem Jahr 2007 aus. Darin wurden die Einzelergebnisse im Identifikations-, Diskriminations- und Schwellentest sowie die resultierenden TDI-Scores von 3282 Probanden ermittelt. Die Ergebnisdarstellung erfolgte tabellarisch für die verschiedenen Altersgruppen und nach Geschlechtern getrennt jeweils für die Einzelergebnisse und den TDI-Score mit Gruppenmittelwert mit SD, Gruppenmaximal- und Minimalwert, sowie den Werten für verschiedene Perzentilen (u.a. 10. Perzentile). Davon ausgehend, dass die 10. Perzentile die Grenze zwischen Norm- und Hyposmie markiert wurde, ohne die geschlechtsspezifischen Unterschiede zu beachten ein TDI-Score von 30,3 für die Gruppe 16-35 Jahre, 27,3 für die Gruppe 36-55 Jahre und 19,6 für Teilnehmer älter als 55 Jahre als Grenzwert für den bestandenen Test festgelegt (Hummel et al., 2007; Hummel & Welge-Lüssen, 2009). Da wir in unserem Versuch lediglich den ID durchführten, zogen wir zur Auswertung nur die von Hummel und Kollegen ermittelten 10. Perzentile im Identifikationstest getrennt nach Geschlechtern und den entsprechenden Altersgruppen heran. Eine Übersicht ist in Tabelle 2 dargestellt.

Altersgruppe	ID _{weiblich}	ID _{männlich}
16-35 Jahre	11	11
36-55 Jahre	12	11
> 55 Jahre	9	9

Tabelle 2: 10. Perzentilen der ID-Ergebnisse nach Altersgruppen und Geschlecht (Tabelle nach Hummel et al., 2007, S. 239)

3.4 Düfte

Es ist weithin bekannt, dass Essen eine Belohnung darstellen kann oder vor lauter Traurigkeit eine ganze Tafel Schokolade auf einmal gegessen wird. Aus diesem Grund wurden, um

ein möglichst repräsentatives Duftspektrum abzudecken, die „essbaren“ Düfte Pfirsich (#P0606040, Frey und Lau, Henstedt-Ulzburg, Deutschland) und Fisch (FISH SAUCE; The Fishsauce Company Co.,Ltd., 190 M1 Vitanvitee Rd., Tambon Bangchakrang, Muang District, Samutsongkharm, 75000 Thailand), sowie die „nicht essbaren“ Düfte Rose (#0604034, Frey und Lau, Henstedt-Ulzburg, Deutschland) und Teer (Nectarome Tar PG 93 155; Fragrance Resources, Hamburg, Deutschland) zusätzlich zu Wasser, als geruchsneutrale Kontrollsituation, ausgewählt.

Als Duftquellen fungierten Glasflaschen mit einem Volumen von 50 ml und je zwei Öffnungen. Durch eine Öffnung wurde über einen Kunststoffschlauch Druckluft direkt in die innen befindlichen Duftlösungen geleitet. Durch die daraus resultierende Gasbildung entstand ein dufttragender Gasstrom, der über einen zweiten Schlauch zum Probanden geleitet wurde.

Der Fluss wurde dabei konstant auf 3 l/min gehalten, was zunächst viel erscheint, durch den Abstand des duftleitenden Schlauches zur Nase, jedoch während der Erarbeitung des Versuchsaufbaus als passend empfunden wurde.

Ursprünglich sollten für die Duftweiterleitung von der Quelle zum Probanden Sauerstoffbrillen, wie sie in der Klinik Anwendung finden, aufgesetzt werden. Da sich die in der Auswertung genutzte Software aber als recht sensibel herausstellte und Gesichter so teilweise nicht erkennbar waren, wurde auf die Sauerstoffbrillen verzichtet. Die Probanden erhielten zudem die Anweisung, den duftleitenden Schlauch im 90° Winkel 2 cm unter dem Kinn zu halten, sodass dennoch ein vergleichbarer Abstand zwischen Duftquelle und Nase entstand.

Für den Fall, dass die Probanden den Schlauch zu niedrig oder zu hoch hielten, erfolgte eine Korrektur durch den Versuchsleiter. So wurden dauerhaft gleiche Bedingungen gewährleistet.

3.5 Fragebögen

Zu Beginn füllten alle Teilnehmer Fragebögen zu ihrer Gesundheit aus (siehe Anhang 4).

Zusätzlich erhielten sie am Ende einen kurzen Fragebogen (siehe Anhang 5), in dem die Eigenschaften der wahrgenommenen Gerüche in Bezug auf Intensität und Hedonik gemessen wurden. Die hedonische Komponente scheint eine der wichtigsten Dimensionen von Düften sein (Bensafi et al., 2002a). Die Bewertung erfolgte in einem Bereich zwischen zwei Extremwerten (- 5 und 5).

Da Menschen ganz unterschiedliche Gerüche präferieren, zielten die Fragen zur Hedonik v.a. darauf ab, die Annahme, dass Pfirsich und Rose als angenehm und Teer und Fisch als unangenehm empfunden werden, zu prüfen.

Um die objektiven Ergebnisse, die SHORE™ liefert, gewissermaßen mit der subjektiven Meinung der Probanden korrelieren zu können, sollten sie zusätzlich bei jedem Duft ent-

scheiden, ob dieser Emotionen auslösen konnte und wenn ja, ob diese angenehm oder unangenehm waren.

3.6 Analysen der Video-Daten

Allen Teilarbeitsschritten der Software ist gemein, dass sie auf den Prinzipien des maschinellen Lernens beruhen.

3.6.1 maschinelles Lernen

Das Leben eines jeden Menschen ist voll von Terminen, Aufgaben oder Zielen. Bei all diesen Dingen handelt es sich schlicht um Daten, deren Menge und Umfang im Laufe des Lebens immer mehr zunehmen. Mithilfe von Plänen, Kalendern und Übersichten versucht man, dieser Fülle an Informationen Herr zu werden und die Daten zu strukturieren.

Auch in der digitalen Welt bedarf die zunehmende Datenmenge einer Struktur, die Computer i.d.R. nicht selbst erstellen. Durch Algorithmen gibt der Mensch eine Handlungsanweisung vor, in welcher Weise der Computer mit angebotenen Daten („Eingabe“) umgehen und sie schließlich präsentieren soll (Alpaydin, 2019).

Grundvoraussetzung ist dabei, dass der Ersteller um das Ziel und die genauen Lösungswege weiß, mit denen der Algorithmus arbeiten soll (Honerkamp, 2015).

Soll z.B. ein Computer in einem Dokument mit 5000 Farbtönen heraussuchen wie oft jeder Ton vorkommt, weiß der Nutzer, was zu tun ist. Lediglich die Durchführung übernimmt der Computer. Trotz der immensen Effektivität und Genauigkeit resultiert aus der Abwicklung von Algorithmen durch Geräte das Problem, dass die Berechnungsverfahren selten präzise und unzweideutig genug sind (Barth, 2013).

So kann der Computer im o.g. Beispiel die Anzahl der Farbtöne heraussuchen. Die Zuordnung in die Kategorien „rot“, „gelb“ und „blau“, sowie „hell“ und „dunkel“ erweist sich aber als schwierig, da Merkmale zur Charakterisierung von Kategorien zum einen von der Wahrnehmung abhängen und zum anderen häufig eine Überschneidung von Merkmalen möglich ist (Morik, 1993).

Auf ein weiteres Problem machen Alpaydin und Kollegen aufmerksam: Wie soll man einen natürlichen Algorithmus in eine Handlungsanleitung übertragen, wenn man selbst nicht weiß, wie der natürliche Algorithmus funktioniert. Menschen sind zwar in der Lage Gesichter zu erkennen, wie sie das tun, wissen sie allerdings nicht (Alpaydin, 2019). Sie tun es einfach. Die Lösung des Problems ist es, am Beispiel des Lernverhaltens von Lebewesen, wie Lernen durch Erfahrung dafür zu sorgen, dass auch Geräte in der Lage sind, ihr Handeln durch erneute Lösung oder Lösung ähnlicher Aufgaben („Trial and Error“) zu verbessern (Morik, 1993).

Dieses Prinzip bildet die Grundlage der im Versuch genutzten Software.

3.6.2 SHORE™

Bei dem Sophisticated High-speed Object Recognition Engine, kurz SHORE™ handelt es sich um eines der führenden Systeme im Bereich automatischer Gesichtserkennung, welches über Jahre entwickelt und verbessert wurde. Basierend auf Paul Ekman's EMFACS-Methode (Kaiser & Wehrle, 2016), ermöglicht das System neben der Detektion von Gesichtern und deren Analyse v.a. die Untersuchung von Gesichtsausdrücken in realen Alltagssituationen in Echtzeit z.B. mit *Google Glass* (Google LLC, Mountain View, Kalifornien, USA). Zu den ständig wachsenden Einsatzgebieten gehört u.a. die Therapie von Menschen mit Autismus oder Schizophrenie. SHORE™ hilft dabei, die Mimik des Gegenüber zu interpretieren, sodass im Verlauf die soziale Interaktion, durch Erlernen der Emotionsinterpretation und Bewusstwerden eigener Emotionen verbessert wird (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, 2014, 2021; Wolf, 2015).

Für die Analyse der erhobenen Videodaten wurde die, um Zusatzmodule erweiterte, SHORE™ Demo Application, bereitgestellt vom Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS Erlangen, verwendet.

In Vorbereitung zur Gesichtsanalyse mit SHORE™ erfolgte die Aufarbeitung der Videoaufnahmen. Dazu wurden die Videos in ein, für die Software kompatibles Format konvertiert.

Für die Analyse wurden die Videos einzeln in der Software geöffnet. Aus den wählbaren Einstellungen wurden angry (Ärger), happy (Freude), sad (Traurigkeit) und surprised (Überraschung) gewählt (vgl. Abbildung 7c). Zudem nutzen wir auch die positive valence (positive Neigung) und negative valence (negative Neigung). Letztere dienen der Detektion feiner Gesichtsausdrücke auch über die Basisemotionen hinaus und basieren auf dem sog. EMO Scan (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS, 2014; Wagner-Havlicek & Wimmer, 2022).

Bei einer Verarbeitungsgeschwindigkeit von 8,6 Hertz wurden also für jede der o.g. Emotionen acht bis neun Werte pro Sekunde erzeugt. Diese Werte geben den Grad der Übereinstimmung des registrierten Gesichts mit einem „prototypischen Normalgesicht“ wieder und können einen Wertebereich von $-x$ bis $+x$ einnehmen. Sie stellen also gewissermaßen den Grad der Wahrscheinlichkeit dar, mit der es sich um die gesuchte Emotion handelt. Als Referenzwert dienen im Versuch die unter der Bedingung Wasser aufgezeichneten Werte. Das bedeutet, dass von jeder Emotion, die durch einen anderen Geruchsstoff als Wasser hervorgerufen wurde, die Ergebnisse subtrahiert wurden, die der Teilnehmer beim Riechen von Wasser erzielt hat, und zwar getrennt für zwei verschiedene Gruppen, zwei verschiedene Aufgaben und drei verschiedene Zeitintervalle.

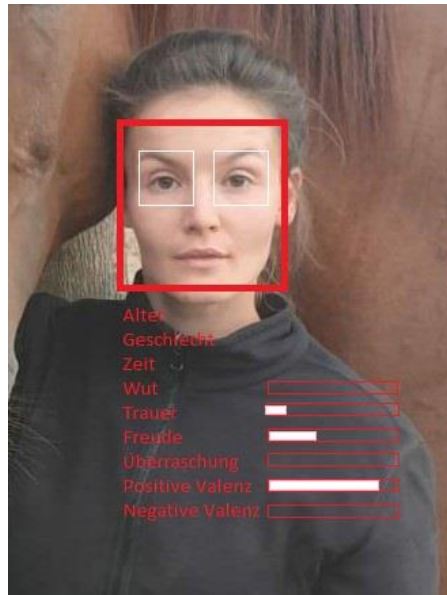


Abbildung 7c: schematische Darstellung einer Analysemaske einer Gesichtserkennungssoftware (Quelle: eigene Abbildung entsprechend der Funktionsweise von SHORE™)

Gesichts- und Mimikerkennung in Videoaufnahmen beruhen auf der Analyse von Einzelbildern nach Prinzipien der Mustererkennung (Alpaydin, 2019). Es erfolgt zunächst die Erkennung der Kategorie (z.B. Gesicht) und dann der Unterschiede innerhalb der Kategorie. Man spricht von einem zweistufiges Erkennungsverfahren.

„Ein solches [...] Erkennungsverfahren verläuft in mehreren Schritten:

1. *Finde alle Vorkommnisse des Zielobjekts im Bild.*
2. *Fall bedingt die Ausrichtung/Helligkeit normalisieren; z. B. Gesichter so ausrichten, dass Augen auf einer geraden Linie sind.*
 - *Zu beachten sei, dass ein Objekt X immer noch zu Kategorie Y gehört selbst wenn es in einem unvorteilhaften Winkel gezeigt oder schlecht beleuchtet wird*
3. *Zerlege das Objekt in Einzelteile mit deren Hilfe es von anderen seiner Kategorie unterschieden werden kann.*
 - *Im Falle des Gesichts wären das Augenfarbe, Hautfarbe, Gesichtsgeometrie (wie Abstände & Größen), etc.*
4. *Zuletzt, kombiniere diese Einzelteile zu einem Entscheidungsträger, mit welchem eine Datenbank in der Lage ist, das Objekt eindeutig zu identifizieren.“*

(Weyrauch, 2017)

Entsprechend erfolgt zunächst die Suche nach vorhandenen Gesichtern (Zielobjekten) im Bild (feature detection). Dazu wird das Bild mit einem Gitternetzmuster entsprechend eines

Gesichtsmodells gescannt. Um die Gesichter vom Hintergrund unterscheiden zu können, wurde ein Klassifikator, der in der Lage sein soll, Inhalte eines Bildes den Kategorien „Gesicht“ und „Nicht Gesicht“ zuzuweisen (Alpaydin, 2019), mit Tausenden von Gesichts- und Nicht-Gesichtsproben trainiert.

Für die Analyse muss nun die Bestimmung der genauen Position des Gesichts erfolgen. Dafür wird eine Lokalisierung der Augen durchgeführt, welche eine präzise Position der Augenmittelpunkte ergibt. Anhand dieser Punkte kann das Gesicht in Größe und Drehung für die Analyse normalisiert werden (Garbas et al., 2013). So wird ein Bezugspunkt für die Verarbeitung eines jeden Gesichts nach Alter, Geschlecht und verschiedenen Mimikklassifikatoren geschaffen.

Die Merkmalsextraktion erfolgt anhand von Graustufen. Dabei wird die Helligkeit eines zentralen Pixels innerhalb eines 3x3 Pixel-Areals mit der Helligkeit der acht umliegenden Pixel verglichen. Der resultierende Merkmalswert beschreibt, welche äußeren Pixel weniger hell sind als das zentrale Pixel. Wenn man dieses Prinzip auf Areale ausweitet die größer als die 3 x 3-Bereiche sind, können erweiterte Bildstrukturen dargestellt werden. Schließlich wird der Merkmalswert einer $n \times m$ Region mit den Werten der acht benachbarten Regionen verglichen (Ernst & Kublbeck, 2011; Garbas et al., 2013). Die Software erkennt also unterschiedliche Helligkeitsstufen in den Grautönen. Dieses Prinzip, wobei der Detektor nach Grenzen zweier Regionen (gekennzeichnet durch verschiedene Intensitäten) sucht, wird auch edge detection genannt. Bei dieser Kante (englisch: edge) handelt es sich um aus den Intensitäten herausragende Pixel, wie sie etwa durch Änderung des Materials, der Tiefe oder der Beleuchtung entstehen (Weyrauch, 2017). Es ist also nicht das direkte Erkennen von Stirnfalten bei durch Ärger zusammengekniffenen Augen möglich, wohl aber das Erkennen dunkler Bezirke, die sich durch Falten auf der Stirn ergeben.

Um nun zwischen den verschiedenen Ausdrücken zu unterscheiden, erfolgte das Training o.g. Klassifikatoren anhand großer Datensätze annotierter Gesichtsmuster. Der Trainingsalgorithmus wählt dann automatisch diejenigen Merkmale aus, die am besten geeignet sind, den entsprechenden Gesichtsausdruck zu klassifizieren. Er lernt für jedes ausgewählte Merkmal einen sog. schwachen Klassifikator. Diese ergeben in Summe einen starken Klassifikator, der zur Analyse der Mimik verwendet wird (Ernst & Kublbeck, 2011).

Im o.g. Beispiel sind sowohl Stirnfalten, bzw. die im Bild resultierenden Helligkeitsunterschiede, als auch ein verzogener Mund jeweils für sich schwach klassifizierende Merkmale für die Emotion Ärger, da ein verzogener Mund durchaus auch bei Ekel zu finden ist. Beide zusammen in Kombination mit weiteren Merkmalen (Stellung der Augen) sorgen für eine klarere Abgrenzung zu anderen Ausdrücken und ergeben so den starken Klassifikator.

SHORE™ speziell greift nach Erkennung eines Gesichts auf eine Datenbank bestehend aus 30000 Gesichtsmustern zurück, um es mit all' diesen Mustern abzugleichen. Die 500 passendsten Muster werden zur Auswertung genutzt (Wagner-Havlicek & Wimmer, 2022).

3.7 Statistische Auswertungen

Die Analysen erfolgten unter Verwendung des Statistikprogramm JASP (www.jasp-stats.org) Es wurden die Versionen 0.11.1 und 0.16.0.0. genutzt.

Für die vorherige Aufbereitung der Daten, sowie die Erstellung der Diagramme wurde Microsoft Excel 2010 zu Hilfe genommen.

Für die Auswertung wurden die Videos in drei Zeitintervalle à zehn Sekunden (Intervall 1: Sekunde 1-Sekunde 10; Intervall 2: Sekunde 11 bis Sekunde 20; Intervall 3: Sekunde 21 bis Sekunde 30) unterteilt. Die Wahl der Intervalle erfolgte in Abwägung der schnell ablaufenden Adaptionsprozesse im olfaktorischen System (Kumazaki et al., 2019) und dem Bedarf an einem relativ stabilen emotionalen Zustand. Der Mensch hat in Ruhe eine Atemfrequenz von 16/min (Silbernagl et al., 2018) und mit jedem Atemzug werden den Sinneszellen des olfaktorischen Epithels Gerüche präsentiert. Da die Geruchsverarbeitung sehr schnell, d.h. ohne Umweg über den Thalamus als „Tor zum Bewusstsein“ direkt durch das limbische System abläuft (Manzini et al., 2014), ist davon auszugehen, dass zwei bis drei Atemzüge bzw. zehn Sekunden für ein stabiles Emotionsniveau ausreichend sind.

Das Probandenkollektiv wurden hinsichtlich des Geschlechts (männlich; weiblich) und des Alter (unter 40 Jahre; 40 Jahre und älter) unterteilt.

Die Analysen erfolgten für die sechs Emotionsbedingungen (Freude, Ärger, Traurigkeit, Überraschung). Dafür wurden aus den erhobenen Werten (*siehe* 3.6.2. *SHORE™*) Durchschnittswerte pro Sekunde und pro Zeitintervall für jede einzelne Emotion gebildet.

Für die Prüfung einer gleichmäßigen Geschlechterverteilung innerhalb der beiden Altersgruppen wurde ein Chi²-Test durchgeführt. Die Emotionsanalyse nach Duftexposition, sowie die Vergleiche zwischen den Gruppen und die Auswertung der Fragebögen erfolgte nach Berechnung mehrfaktorieller Varianzanalysen für wiederholte Messungen (mixed ANOVA).

Um den Einfluss von Düften auf die Gesichtsausdrücke zu untersuchen, wurde eine 3x2x2 ANOVA durchgeführt. Den Innersubjektfaktor, d.h. die Bedingung, die für alle Probanden gemessen wurde, stellten die Duftbedingungen (3 Ebenen: Wasser/Rose/Fisch bzw. Wasser/Pfirsich/Teer) dar. Als Zwischensubjektfaktoren wurden Alter (2 Ebenen: < 40 Jahre/≥ 40 Jahre) und Geschlecht (2 Ebenen: männlich/weiblich) festgelegt. Die Analysen erfolgten für beide Duftgruppen jeweils für beide Aufgaben, (AA, PA), jedes Intervall und getrennt für jede der sechs Emotionsbedingungen.

In der sich anschließenden Untersuchung (Teilauswertung 2) hinsichtlich eines Unterschiedes zwischen den beiden Aufgaben (AA/PA) stellten die einzelnen Emotionen in derselben

Geruchsbedingung in PA und AA den Innersubjektfaktor dar. Alter und Geschlecht bildeten analog zur Teilauswertung 1 den Zwischensubjektfaktor. Man spricht bei den vier untersuchten Emotionen von einer 4x2x2 ANOVA.

Die Untersuchung der nach dem Versuch ausgefüllten Fragebögen (Teilauswertung 3) mit Fokus auf folgende Charakteristika der Düfte: Intensität, Hedonik, die Fähigkeit Emotionen hervorzurufen und die Fähigkeit, Erinnerungen hervorzurufen, erfolgte erneut mit den Düften als Innersubjektfaktor und Alter und Geschlecht als Zwischensubjektfaktor.

Die Ergebnisse wurden als $M (\pm SD)$ dargestellt. Zur Beurteilung der Signifikanz, wurde ein Fehler 1. Art (Alpha-Niveau) von $p < 0,05$ angenommen. Zeigte eine durchgeführte ANOVA ein signifikantes Ergebnis, schloss sich ein post-hoc-Test (paarweise t-Test) zur genaueren Abklärung an. Zur Korrektur einer Kumulation des α -Fehlers bei Mehrfachvergleichen wurden Bonferroni-Korrekturen angewandt.

4. Ergebnisse

4.1 Probandenkollektiv

Von 165 ursprünglich rekrutierten Probanden, wurden 19 Probanden im Rahmen der Voruntersuchung oder der Auswertung ausgeschlossen. Es verblieben 146 Teilnehmer. Davon waren 90 Teilnehmer weiblichen Geschlechts, 56 Teilnehmer waren männlich (siehe Abbildung 8).

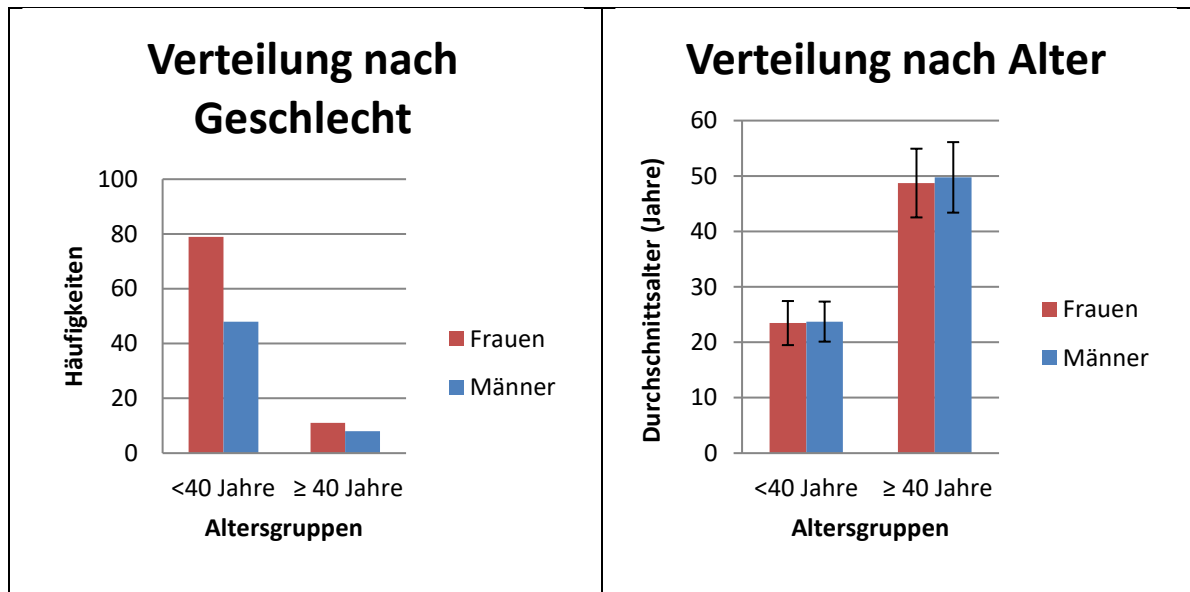


Abbildung 8: Geschlechterverteilung und Durchschnittsalter mit SD jeweils für beide Altersgruppen (<40 Jahre; ≥40 Jahre) und für Männer und Frauen getrennt (Quelle: eigene Abbildung)

127 Probanden konnten zum Zeitpunkt der Untersuchung in die Gruppe der < 40-Jährigen eingeordnet werden. Davon waren 79 Teilnehmer Frauen ($M = 23,5$ Jahre, $SD = 4,0$ Jahre) und 48 Männer ($M = 23,8$ Jahre, $SD = 3,6$ Jahre). Das durchschnittliche Alter in der Gruppe der <40-Jährigen lag bei 23,6 Jahren ($SD = 3,8$ Jahre).

19 Probanden waren mindestens 40 Jahre alt. 11 der ≥40-Jährigen waren Frauen ($M = 48,7$ Jahre, $SD = 6,2$ Jahre), 8 waren Männer ($M = 49,8$ Jahre, $SD = 6,4$ Jahre), wobei das Durchschnittsalter in dieser Gruppe über beide Geschlechter gemittelt bei 49,2 Jahren ($SD = 5,9$ Jahre) lag. Hinsichtlich der Geschlechterverteilung in beiden Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($\chi^2=0,130$, $p= 0,719$).

77 Probanden wurden Duftgruppe 2 (Pfirsich/Teer/Wasser) zugeordnet und den verbleibenden 69 Probanden wurden die Düfte der Gruppe 2 angeboten.

4.2 Identifikationstest

Die Auswertung des vorab durchgeführten IDs erfolgte anhand der unter 3.3. genannten Kriterien. Insgesamt 6 Probanden (4 Frauen, 2 Männer) mussten wegen eines Ergebnisses,

welches unterhalb des Anforderungsniveaus ihrer Altersgruppe lag, vom Versuch ausgeschlossen werden (siehe Tabelle 3). Die Teilnehmer der Gruppe <40 Jahre schnitten im ID (10 ± 0) dennoch durchschnittlich besser ab, als diejenigen in der Gruppe ≥ 40 Jahre ($7,67 \pm 2,52$).

Altersgruppe	Geschlecht	Alter	ID
<40 Jahre	w	20	10
	m	21	10
	w	28	10
≥ 40 Jahre	w	46	5
	w	63	10
	m	69	8

Tabelle 3: Übersicht über die, nach nicht bestandenem ID ausgeschlossenen Probanden nach Altersgruppen (<40 Jahre; ≥ 40 Jahre) getrennt (Quelle: eigene Abbildung)

Unter den Probanden, die den entsprechenden Ziel-ID erreichten (siehe Abbildung 9), erzielten die Teilnehmer der Kategorie < 40 Jahre im Durchschnitt ein Ergebnis von $13,89 \pm 1,27$, während die Altersgruppe ≥ 40 Jahre unerwarteter Weise zu einem signifikant höheren Ergebnis mit $14,84 \pm 0,81$ Punkten ($p < 0.001$) kam.

Zwischen Frauen ($14,13 \pm 1,19$) und Männern ($13,82 \pm 1,35$) zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p < 0.162$).

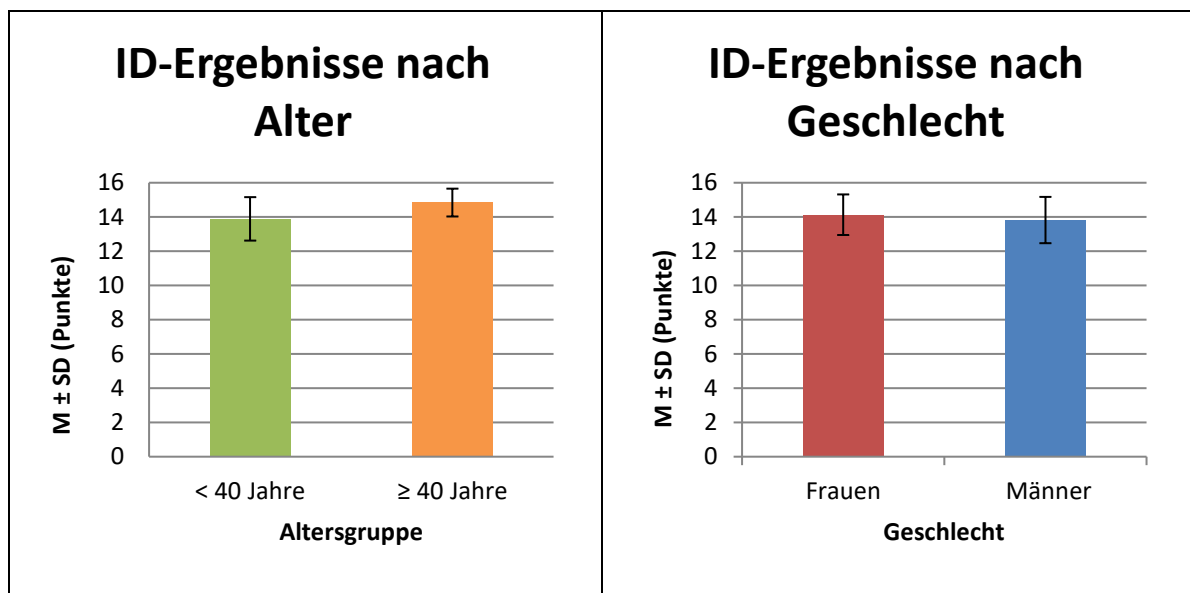


Abbildung 9: durchschnittliche ID-Ergebnisse mit SD jeweils nach Alter (<40 Jahre; ≥ 40 Jahre) und Geschlecht (Quelle: eigene Abbildung)

4.3 Evokation eines emotionalen Ausdrucks durch Duftexposition

4.3.1 Analyseergebnisse des Innersubjektfaktors Duftbedingung

Die Tabellen 4 und 5 zeigen M und zugehörige SD aller Reaktionen, die mittels SHORE™ erhoben worden. Die Darstellung erfolgt für beide Gruppen, getrennt für alle sechs Emotionen und jeweils in der PA und AA.

	passive Aufgabe			aktive Aufgabe		
	Fisch	Rose	Wasser	Fisch	Rose	Wasser
Traurigkeit	26,31 ± 117,22	15,29 ± 117	-532,58 ± 189,36	-7,19 ± 114,9	-9,74 ± 115,01	-514,72 ± 193
Überra- schung	-36,09 ± 93,05	-27,08 ± 99,08	-197,73 ± 119,31	-7,64 ± 67,16	-12,41 ± 79,95	-188,24 ± 122,92
Ärger	-36,84 ± 130,75	5,27 ± 149,69	182,51 ± 187,49	-9,22 ± 108,2	-5,07 ± 113,53	167,34 ± 196,28
Freude	26 ± 87,2	16,77 ± 67,78	2,94 ± 72,45	0,12 ± 2,32	6,29 ± 46,99	-2,86 ± 72,9
Positive Valenz	6,43 ± 35,25	-0,97 ± 30,59	-2,0 ± 25,06	-7,61 ± 30,79	-5,83 ± 31,31	-7,84 ± 30,24
Negative Valenz	-2,08 ± 28,08	-2,21 ± 29,07	-1,87 ± 28,14	1,66 ± 29,5	0,66 ± 29,35	-1,45 ± 28,19

Tabelle 4: via SHORE™ erhobene M und SD getrennt für beide Aufgaben und die vier diskreten Emotionen Traurigkeit, Freude, Überraschung, Ärger und Valenzen nach dem Dimensionsmodell in Duftgruppe 1 (Quelle: eigene Abbildung)

	passive Aufgabe			aktive Aufgabe		
	Teer	Pfirsich	Wasser	Teer	Pfirsich	Wasser
Traurigkeit	14,95 ± 115,48	-11,8 ± 117,69	-545,26 ± 157,08	0,01 ± 122,01	5,52 ± 107,2	-545,71 ± 172,5
Überra- schung	7,67 ± 79,07	-14,37 ± 81,23	-217,84 ± 102,29	-1,27 ± 76,61	-12,7 ± 80,59	-185,39 ± 104,07
Ärger	-18,32 ± 135,32	-11,68 ± 125,66	166,3 ± 157,82	3,99 ± 129,93	10,26 ± 113,75	162,2 ± 159,87
Freude	21,09 ± 72,7	34,91 ± 64,81	7,69 ± 84,88	9,52 ± 63,76	15,07 ± 53,35	-8,09 ± 85,24
Positive Valenz	2,32 ± 33,07	4,01 ± 31,48	-0,18 ± 26,29	-7,49 ± 28,63	-5,71 ± 29,97	-7,59 ± 30,08
Negative Valenz	-2,80 ± 29,10	-6,48 ± 29,65	-1,21 ± 25,81	-1,30 ± 27,11	-1,88 ± 26,75	0,44 ± 26,77

Tabelle 5: via SHORE™ erhobene M und SD getrennt für beide Aufgaben und die vier diskreten Emotionen Traurigkeit, Freude, Überraschung, Ärger und Valenzen nach dem Dimensionsmodell in Duftgruppe 2 (Quelle: eigene Abbildung)

4.3.1.1 Traurigkeit

In der ersten Gruppe zeigte sich für die PA im Intervall I ein signifikanter Effekt für den Innersubjektfaktor Duftbedingung, d.h. Wasser/Rose/Fisch ($F[1.38, 90.8] = 87.66, p < 0.001$).

Vergleichbare Ergebnisse zeigten sich für diese Gruppe auch im Intervall II ($F[1.36, 89.9] = 11.24, p < 0.001$) und III ($F[1.34, 88.72] = 9.44, p < 0.001$).

In den durchgeführten post-hoc Tests zeigten sich dann, dass sowohl Rose, als auch Fisch in allen Intervallen mehr Traurigkeit auslösten, als Wasser (jeweils $p < 0.001$).

Dies setzte sich in der AA über alle drei Intervalle fort (Intervall I: $F[1.43, 85.73] = 95.72, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.36, 81.79] = 65.89, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.38, 82.96] = 84.23, p < 0.001$), wobei Rose und Fisch auch in der AA mehr Traurigkeit auslösten, als Wasser ($p < 0.001$).

In Gruppe 2 lieferten die Untersuchungen des Effekts der Düfte auf die traurige Mimik sowohl in der PA (Intervall I: $F[1.55, 113.22] = 187.15, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.58, 115.23] = 173.55, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.47, 107.5] = 152.93, p < 0.001$), als auch der AA (Intervall I: $F[1.5, 105.05] = 140.55, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.38, 96.39] = 123.96, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.41, 98.52] = 120.42, p < 0.001$) konstant statistisch signifikante Ergebnisse. Im post-hoc Test zeigte sich überraschenderweise, dass nicht nur Teer, sondern auch Pfirsich in beiden Aufgaben und allen Intervallen mehr Trauer auslöste, als Wasser (jeweils $p < 0.001$).

4.3.1.2 Überraschung

Im Rahmen der Untersuchung der Emotion Überraschung konnte für Gruppe 1 sowohl in PA (Intervall I: $F[1.43, 94.5] = 16.96, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.73, 114.12] = 22.95, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.65, 108.95] = 20.36, p < 0.001$, als auch in AA (Intervall I: $F[1.35, 80.83] = 26.9, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.41, 84.67] = 25.82, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.41, 84.71] = 30.07, p < 0.001$) ein signifikanter Effekt für den Innersubjektfaktor Duft (Fisch/Rose/Wasser) beobachtet werden.

Dies setzte sich für Gruppe 2 erneut über alle 3 Intervalle in beiden Aufgaben, d.h. PA (Intervall I: $F[1.55, 113.22] = 187.15, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.58, 115.23] = 173.55, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.47, 107.5] = 152.93, p < 0.001$ und AA (Intervall I: $F[1.51, 105.4] = 52.45, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.57, 110.2] = 59.9, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.54, 107.7] = 54.2, p < 0.001$) fort.

Im Anschluss durchgeführte Post-hoc Tests ergaben für beide Gruppen, beide Aufgaben und alle Intervalle, dass die Duftbedingungen Fisch bzw. Rose jeweils überraschender wahrgenommen wurden als Wasser ($p < 0.001$).

4.3.1.3 Ärger

Die Auswertung der PA für Gruppe 1 ergaben für die Duftbedingung (Fisch/Rose/Wasser) einen statistisch signifikanten Effekt über alle 3 Intervalle hinweg (Intervall I: $F[1.41, 91.39] = 9.9, p < 0.001$; Intervall II: $F[1.37, 89.32] = 10.92, p < 0.001$; Intervall III: $F[1.34, 87.05] = 9.12, p < 0.001$). In den Post-hoc Tests stellte sich heraus, dass Wasser mehr Ärger in der Mimik

hervorrief, als die Düfte Rose bzw. Fisch ($p < 0.001$ in allen Intervallen). Zudem verursachte Rose im Intervall I mehr ärgerliche Gesichtsausdrücke, als Fisch ($p < 0.015$).

Bei der Analyse der AA verblieb der signifikante Unterschied für den Innersubjektfaktor (Intervall I: $F[1.31, 78.73] = 5.27$, $p = 0.016$; Intervall II: $F[1.33, 79.61] = 3.52$, $p = 0.052$; Intervall III: $F[1.43, 86.05] = 5.07$, $p = 0.016$), die Post-hoc Tests ergaben allerdings lediglich, dass Wasser in allen Intervallen mehr Ärger hervorrief, als die Düfte (jeweils $p < 0.001$).

Ähnliche Ergebnisse wurden bei Gruppe 2 beobachtet. Sowohl in der PA (Intervall I: $F[1.4, 102.23] = 16.19$, $p < 0.001$; Intervall II: $F[1.42, 103.68] = 19.08$, $p < 0.001$; Intervall III: $F[1.4, 102.48] = 18.47$, $p < 0.001$, als auch in der AA (Intervall I: $F[1.32, 92.31] = 11.83$, $p < 0.001$; Intervall II: $F[1.37, 95.54] = 12.93$, $p < 0.001$; Intervall III: $F[1.3, 91.19] = 11.51$, $p < 0.001$) fand man einen signifikanten Unterschied für den Innersubjektfaktor Duft (Teer/Pfirsich/Wasser), welcher im Post-hoc Test insofern spezifiziert wurde, als dass Wasser in mehr Ärger in der Mimik induzierte, als die dargebotenen Düfte (in beiden Aufgaben und allen Intervallen $p < 0.001$)

4.3.1.4 Freude

Über alle Zeitintervalle hinweg konnte in Gruppe 1 (Fisch/Rose/Wasser) weder in der PA (Intervall I: $F[1.76, 116.33] = 1.97$, $p = 0.15$; Intervall II: $F[1.71, 112.73] = 1.42$, $p = 0.247$; Intervall III: $F[1.59, 105.01] = 0.73$, $p = 0.454$) noch in der AA (Intervall I: $F[1.58, 94.78] = 2.31$, $p = 0.116$; Intervall II: $F[1.41, 84.35] = 0.66$, $p = 0.469$; Intervall III: $F[1.43, 85.79] = 0.24$, $p = 0.710$) eine signifikant freudige Änderung in der Mimik nachgewiesen werden.

Vergleichbare Resultate ergaben auch die Analysen aller Intervalle für Gruppe 2 (Teer/Pfirsich/Wasser). Sowohl in PA (Intervall I: $F[1.45, 113.88] = 1.47$, $p = 0.235$; Intervall II: $F[1.58, 115.61] = 1.73$, $p = 0.187$; Intervall III: $F[1.45, 106.16] = 3.18$, $p = 0.061$) als auch in AA (Intervall I: $F[1.4, 98.3] = 0.28$, $p = 0.677$; Intervall II: $F[1.34, 93.92] = 1.06$, $p = 0.327$; Intervall III: $F[1.35, 94.69] = 1.49$, $p = 0.231$) konnte kein Unterschied zwischen den Düften in Bezug auf die Auslösung von Freude gefunden werden.

4.3.1.5 positive Valenz

Im Rahmen der Untersuchung eher kontinuierlicher Ausdrucksveränderungen stellte sich für Gruppe 1 weder in der PA (Intervall I: $F[1.59, 104.65] = 0.83$, $p = 0.415$; Intervall II: $F[1.74, 114.7] = 0.61$, $p = 0.521$; Intervall III: $F[1.73, 114.26] = 0.30$, $p = 0.713$), noch in der AA (Intervall I: $F[1.29, 85.40] = 1.35$, $p = 0.258$; Intervall II: $F[1.38, 91.04] = 0.44$, $p = 0.570$; Intervall III: $F[1.27, 83.85] = 0.30$, $p = 0.642$) eine positive Regung im Ausdruck dar.

In Gruppe 2 konnten zwar in der PA (Intervall I: $F[1.64, 119.98] = 0.54$, $p = 0.549$; Intervall II: $F[1.48, 107.84] = 0.38$, $p = 0.619$; Intervall III: $F[1.48, 108.19] = 0.54$, $p = 0.534$), sowie den Intervallen I ($F[1.26, 91.67] = 0.40$, $p = 0.574$) und III ($F[1.25, 91.04] = 1.49$, $p = 0.229$) der AA

keine signifikant positivere Regung ausgelöst durch Düfte verzeichnet werden. Im Intervall II der AA ($F[1.69, 123.31] = 61.90, p < 0.001$) zeigte sich jedoch, dass die Düfte Pfirsich und Teer jeweils mehr positive Regungen auslösten, als Wasser (Post-hoc jeweils $p < 0.001$)

4.3.1.6 negative Valenz

Analog zur positiven Valenz erfolgte auch die Überprüfung inwiefern negativ gefärbte Ausdrücke, die nicht einer diskreten Emotion zuzuordnen sind, durch Düfte ausgelöst werden. Für beide Gruppen konnte über beide Aufgaben und alle Intervalle hinweg kein signifikanter Einfluss der Düfte auf negative Ausdrücke nachgewiesen werden (Gruppe 1 PA: Intervall I: $F[1.54, 101.88] = 1.76, p = 0.182$; Intervall II: $F[1.38, 91.18] = 1.32, p = 0.265$; Intervall III: $F[1.44, 95.32] = 0.47, p = 0.563$; AA: Intervall I: $F[1.38, 90.94] = 0.30, p = 0.662$; Intervall II: $F[1.32, 86.84] = 0.69, p = 0.445$; Intervall III: $F[1.29, 84.77] = 2.98, p = 0.078$; Gruppe 2 (PA: Intervall I: $F[1.49, 108.79] = 1.73, p = 0.189$; Intervall II: $F[1.55, 112.99] = 0.55, p = 0.533$; Intervall III: $F[1.52, 110.87] = 1.21, p = 0.294$; AA: Intervall I: $F[1.36, 99.60] = 0.02, p = 0.938$; Intervall II: $F[1.33, 96.75] = 0.35, p = 0.618$; Intervall III: $F[1.34, 98.12] = 0.37, p = 0.609$).

4.3.2 Analyseergebnisse der Zwischensubjektfaktoren Alter und Geschlecht

Zusätzlich zur Fragestellung inwiefern verschiedene Düfte die Mimik beeinflussen, wurde untersucht, inwieweit das Alter und das Geschlecht der Probanden als Zwischensubjektfaktoren Einfluss auf die mimische Reaktion nehmen.

In Gruppe 2, d.h. unter der Duftbedingung Teer/Pfirsich/Wasser, traten signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede, sowohl in PA im Intervall I ($F[1.45, 105.77] = 6.01, p = 0.008$) und III ($F[1.71, 125.03] = 4.78, p = 0.014$), als auch in AA im Intervall II ($F[1.57, 110.2] = 4.02, p = 0.029$) und III ($F[1.54, 107.7] = 3.92, p = 0.033$) auf. Im Post-hoc Test zeigte sich, dass Frauen die Präsentation von Wasser mehr überraschte als Männer (jeweils $p < 0.001$). Weitere Untersuchungen hinsichtlich eines Einflusses von Alter und Geschlecht auf die Mimik unter den verschiedenen Duftbedingungen verblieben ohne signifikantes Ergebnis.

4.4 Vergleich des Einflusses der Düfte auf die Mimik in beiden Aufgaben

Auf den Tabellen 4 und 5 basierend, erfolgte auch der Vergleich beider Aufgaben. Es wurde erörtert, inwieweit es unter der gleichen Duftbedingung und innerhalb einer untersuchten Emotion signifikante Unterschiede zwischen den Aufgaben gab.

Lediglich unter der Duftbedingung Wasser (siehe Abbildung 10) zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen PA und AA für die überraschte Mimik in Gruppe 2 ($F[1, 73] = 3.94, p = 0.05$). Im Post-hoc Test, stellte sich heraus, dass Wasser in AA mehr überraschte Gesichter induzierte, als in PA ($p < 0.001$).

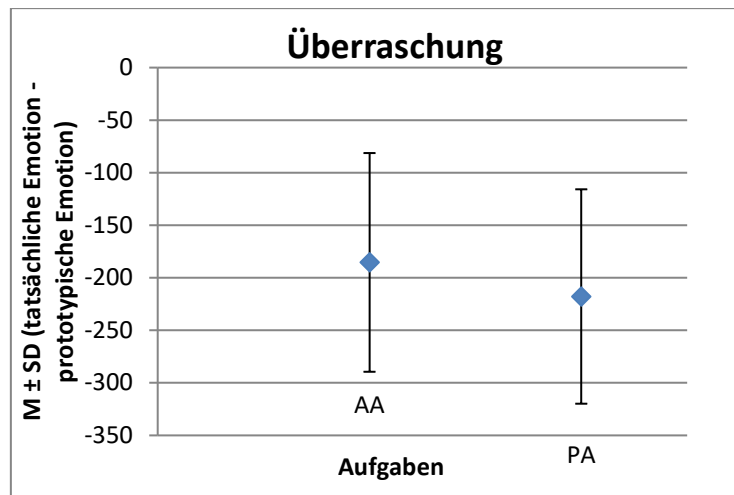


Abbildung 8: Vergleich der M und SD zwischen beiden Aufgaben für Überraschung unter der Duftbedingung Wasser in Gruppe 2; Einheiten siehe 3.6.2 SHORE™ (Quelle: eigene Abbildung)

Gleichzeitig löste Pfirsich (siehe Abbildung 11) in derselben Gruppe mehr Freude in PA, als in AA aus ($F[1, 73] = 3$, $p = 0.088$; Post-Hoc: $p = 0.013$).

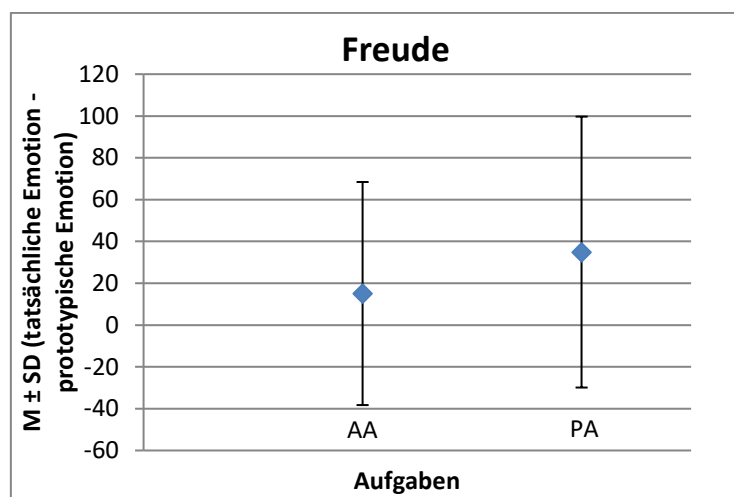


Abbildung 11: Vergleich der M und SD zwischen beiden Aufgaben für Freude unter der Duftbedingung Pfirsich in Gruppe 2; Einheiten siehe 3.6.2 SHORE™ (Quelle: eigene Abbildung)

Alle weiteren angestellten Vergleiche zwischen beiden Aufgaben verblieben ohne signifikantes Ergebnis.

4.5 subjektive Beurteilung der präsentierten Düfte

4.5.1 Intensität der Düfte

Nach dem Versuch wurde jeder Proband gebeten, auf einer Intensitätsskala von 0 (kein Geruch) bis 10 (maximal vorstellbare Intensität) anzugeben, wie er jeden der drei Düfte einordnen würde. Für Gruppe 1 zeigte sich ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Intensität zwischen den Düften ($F[2,130] = 40.21$, $p < 0.001$). Dies war auch bei Gruppe 2 der Fall

($F[1.67, 122.2] = 53.08, p < 0.001$). In den Post-hoc Tests bestätigte sich unsere Annahme, dass dabei jeweils Fisch und Rose bzw. Teer und Pfirsich signifikant intensiver wahrgenommen wurden als Wasser (jeweils $p < 0.001$). Dabei wurde Wasser in beiden Gruppen im Durchschnitt (Gruppe 1: $3,75 \pm 2,62$; Gruppe 2: $3,65 \pm 3,04$) ähnlich schwach empfunden. Die Düfte in Gruppe 1 (Rose: $7,96 \pm 1,95$; Fisch: $7,97 \pm 1,93$) bzw. 2 (Pfirsich: $8,34 \pm 1,64$; Teer: $8,12 \pm 1,69$) wurden sowohl innerhalb der Gruppe, als auch im Vergleich zwischen den Gruppen ähnlich intensiv empfunden (siehe Abbildung 12).

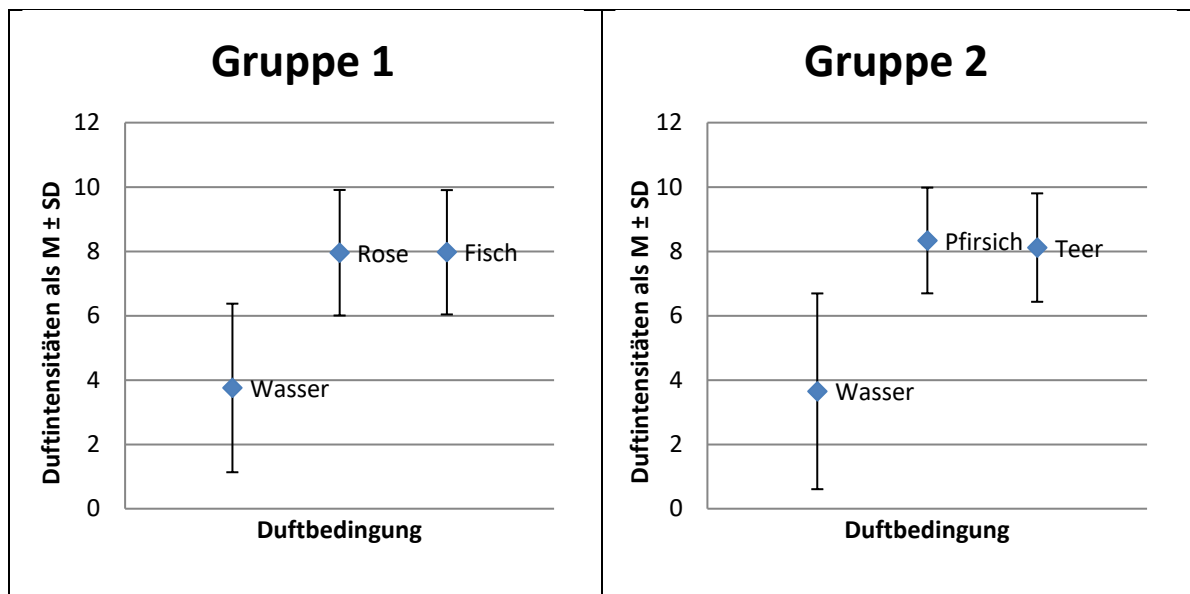


Abbildung 12: Vergleich der in den Fragebögen erhobenen mittleren Duftintensitäten mit SD für jeden Duft jeweils in Gruppe 1 und 2; Skala: 0 (kein Geruch) bis 10 (maximal starke Intensität) (Quelle: eigene Abbildung)

4.5.2 subjektive Beurteilung der Hedonik

Zur Beurteilung der Hedonik sollte jedem Duft ein Wert auf einer Skala von -5 (extrem unangenehm) über 0 (neutral, d.h. weder angenehm noch unangenehm) bis 5 (kein besserer Duft vorstellbar) zugeschrieben werden.

Dies bedeutete für Gruppe 1, dass Wasser und Rose angenehmer bewertet wurden, als Fisch. Rose war den Teilnehmern wiederum angenehmer als Wasser ($F[2, 130] = 45.69, p < 0.001$, Post-hoc Test: $p < 0.001$ für Rose gegen Wasser und Wasser/Rose gegen Fisch). Auch Pfirsich und Wasser wurden von Gruppe 2 angenehmer empfunden als Teer, wobei Pfirsich noch einmal signifikant besser roch als Wasser ($F[1.67, 122.2] = 40.61, p < 0.001$; Post-hoc Test: $p < 0.001$ für Pfirsich gegen Wasser und Wasser/Pfirsich gegen Teer).

Wasser wurde von beiden Gruppen (Gruppe 1: $0,97 \pm 1,61$; Gruppe 2: $0,71 \pm 1,50$) nahezu neutral empfunden. Eine Darstellung der MW (siehe Abbildung 13) bestätigt die Annahme, dass Fisch ($-2,48 \pm 2,11$) und Teer ($-1 \pm 2,49$) als unangenehm, Rose ($2,58 \pm 2,20$) und Pfirsich ($3,39 \pm 1,44$) als angenehme Düfte gelten.

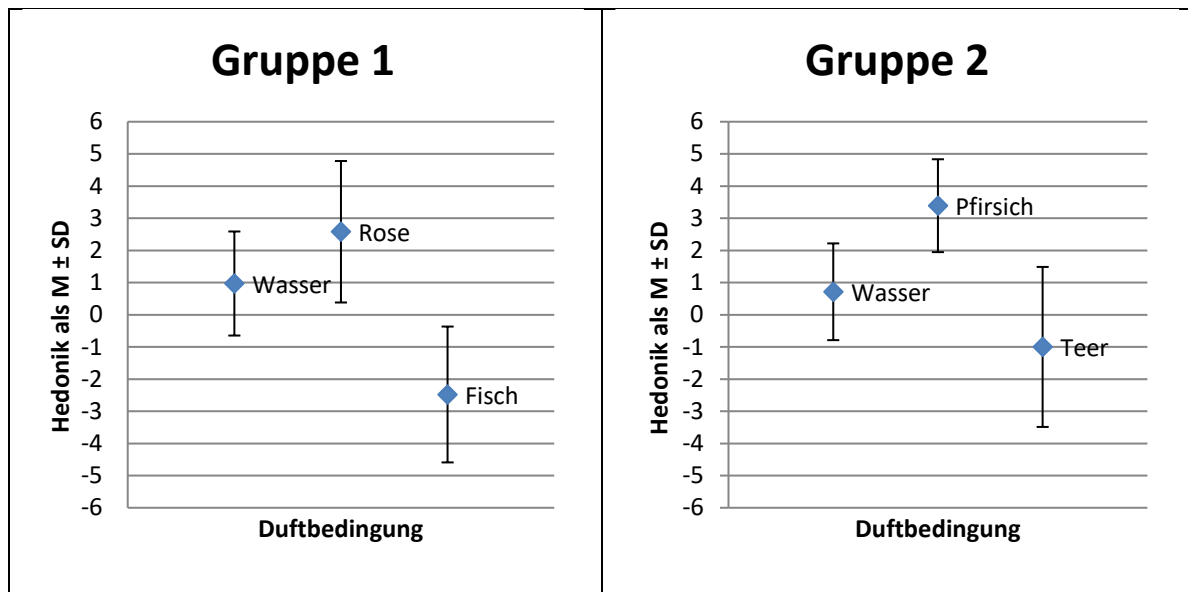


Abbildung 13: Vergleich der in den Fragebögen erhobenen mittleren hedonischen Werte mit SD eines jeden Duftes jeweils in Gruppe 1 und 2; Skala: -5 (extrem unangenehm) bis 5 (extrem angenehm) (Quelle: eigene Abbildung)

4.5.3 subjektive Gefühlslage nach Duftexposition

Um abschätzen zu können, inwieweit die Teilnehmer sich ihrer gemessenen Gesichtsausdrücke bewusst sind, bzw. um objektive Wahrnehmung und subjektives Empfinden korrelieren zu können, sollte angegeben werden, ob jeder einzelne Duft ein bewusstes Gefühl ausgelöst hat. Für den Fall, dass „ja“ angekreuzt wurde, sollte geprüft werden, ob dieses eher positiv (+1) oder negativ (-1) gefärbt ist. In beiden Gruppen lösten Rose und Wasser bzw. Pfirsich und Wasser signifikant positivere Stimmungslagen aus als Fisch bzw. Teer. Außerdem zeigt sich im Vergleich, dass Rose bzw. Pfirsich noch einmal für bessere Stimmungen sorgten, als Wasser. (Gruppe 1: $F[2, 130] = 30.59$, $p < 0.001$; Gruppe 2: $F[1.54, 112.52] = 25.45$, $p < 0.001$; Post-hoc Test $p < 0.001$ jeweils Wasser und Rose bzw. Pfirsich gegen Fisch bzw. Teer und Rose bzw. Pfirsich gegen Wasser). Analog zur Hedonik sorgte Fisch ($-0,51 \pm 0,63$) verglichen mit Teer ($-0,23 \pm 0,76$) für eine schlechtere Stimmung unter den Probanden. Wasser (Gruppe 1: $0,19 \pm 0,43$; Gruppe 2: $0,17 \pm 0,41$) hingegen wurde von beiden Gruppen nahezu neutral, also keine bestimmte Stimmung induzierend, bewertet. Pfirsich ($0,73 \pm 0,48$) und Rose ($0,61 \pm 0,60$) induzierten v.a. positive Gefühle, wobei erneut Parallelen zur Hedonik zu beobachten sind, da bei Pfirsich dieser Effekt stärker ausgeprägt ist (siehe Abbildung 14).

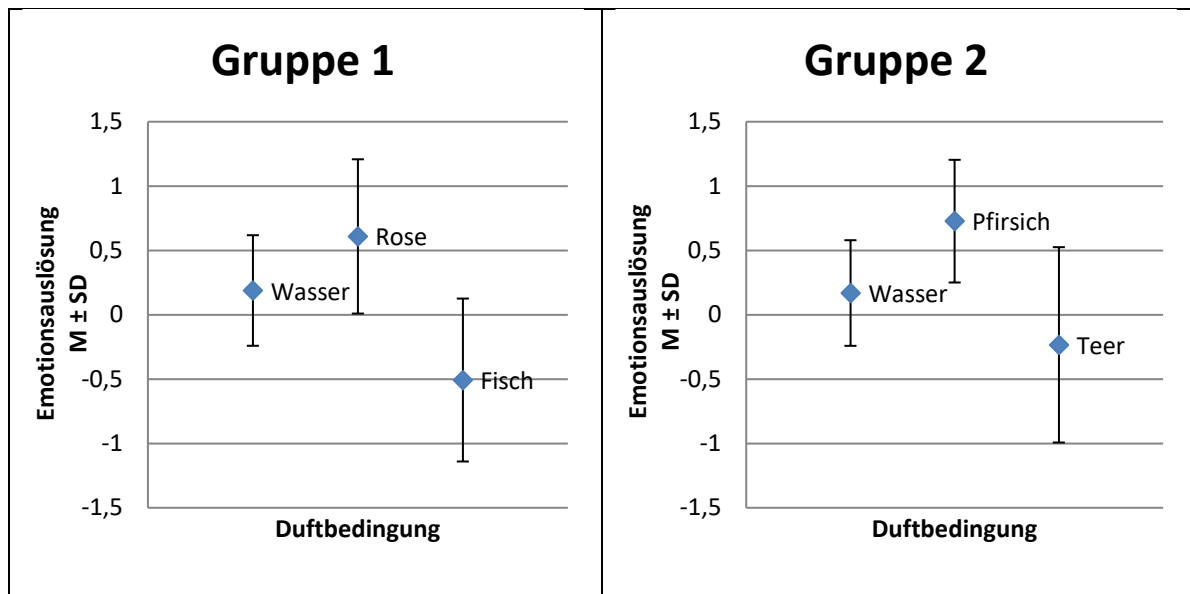


Abbildung 14: Vergleich des in den Fragebögen erhobenen mittleren Potenzials ($\pm$ SD) eines jeden Duftes beider Gruppen, Emotionen auszulösen; Skala: 1 (Duft löst nur positive Emotionen aus, 0 (Duft löste bei niemandem Emotionen aus), -1 (Duft löste im Kollektiv nur negative Emotionen aus) (Quelle: eigene Abbildung)

4.5.4 Induktion einer bestimmten Erinnerung durch Duftexposition

Analog zur Erfragung der subjektiv wahrgenommenen Gefühlslage, sollten die Probanden angeben, ob durch die Düfte Erinnerungen ausgelöst wurden. Falls sich dies bestätigten, erfragten wir zudem, ob es sich um eine schöne (+1) oder eher unangenehme (-1) Erinnerung handelt.

Es zeigte sich, dass Rose in Gruppe 1 ($F[1.6, 103.7] = 7.76, p = 0.002$; Post-hoc Test: $p = 0.002$ für Rose gegen Fisch und $p < 0.001$ für Rose gegen Wasser) und Pfirsich in Gruppe 2 ($F[1.48, 108.24] = 10.46, p < .001$; Post-hoc Test: $p < 0.001$ jeweils für Wasser und Pfirsich gegen Teer und Pfirsich gegen Wasser) signifikant mehr positive Erinnerungen auslösten als die anderen Düfte der jeweiligen Gruppe (einschließlich Wasser). Im Vergleich zwischen den Gruppen (siehe Abbildung 15), zeigte sich erneut, dass Pfirsich ($0,58 \pm 0,50$) durchschnittlich mehr positive Erinnerungen auslöste, als Rose ($0,38 \pm 0,55$), während Wasser (Gruppe 1: $0,03 \pm 0,24$; Gruppe 2: $0,09 \pm 0,29$), sowie Fisch ($-0,04 \pm 0,63$) und Teer ($-0,03 \pm 0,67$), d.h. die eher negativ gefärbten Düfte, nahezu keinen Einfluss auf bestimmte Erinnerungen nahmen.

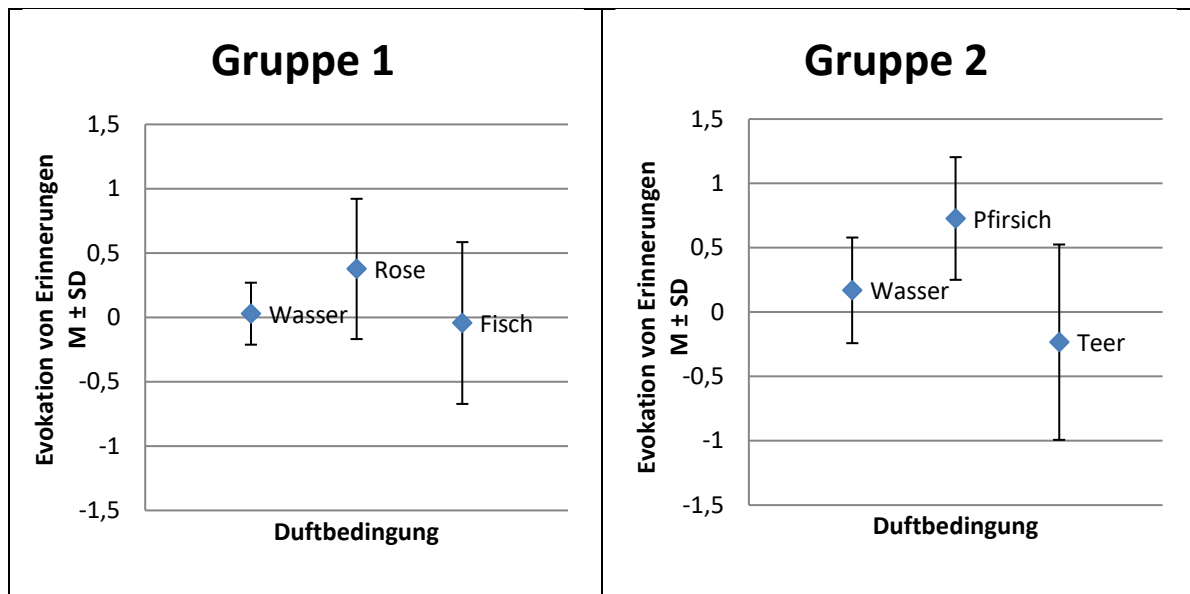


Abbildung 15: Vergleich des in den Fragebögen erhobenen mittleren Potenzials ($\pm$ SD) eines jeden Duftes beider Gruppen, Erinnerungen auszulösen; Skala: 1 (Duft löst nur positive Erinnerungen aus, 0 (Duft löste bei niemandem Erinnerungen aus), -1 (Duft löste im Kollektiv nur negative Erinnerungen aus) (Quelle: eigene Abbildung)

4.6 Zusammenfassung signifikanter Ergebnisse

Für die vorliegende Studienpopulation konnte gezeigt werden, dass Düfte den emotionalen Gesichtsausdruck signifikant verändern. Aus den Analysen der SHORE™-Ergebnisse ging hervor, dass die Düfte (Rose und Fisch bzw. Pfirsich und Teer) in beiden Gruppen mehr Traurigkeit und Überraschung hervorriefen als Wasser.

Außerdem zeigten Frauen bei der neutralen Bedingung Wasser mehr Überraschung als Männer. Das Alter als Einflussfaktor spielte lediglich im ID eine wesentliche Rolle. Hier wies die Gruppe der ≥ 40 -Jährigen wider Erwarten ein signifikant höheres Ergebnis auf.

Wasser hingegen löste in beiden Gruppen mehr Ärger in der Mimik aus, als die jeweiligen Düfte (Rose und Fisch bzw. Pfirsich und Teer). Weiterhin rief Rose entgegen unserer Erwartungen einmalig in PA mehr Ärger hervor als Fisch.

Keiner der Düfte rief Freude hervor.

Im Vergleich zwischen den Aufgaben hingegen zeigte sich, dass Pfirsich in PA mehr Freude auslöste als in AA, während Wasser in Gruppe 2 in AA mehr überraschte Gesichter induzierte als in PA.

Lediglich in einem Intervall zeigten die Probanden der Gruppe 2 während der Präsentation von Teer und Pfirsich mehr positive Regungen (positive Valenz), als bei der Präsentation von Wasser.

Bei der Analyse der Fragebögen stellte sich heraus, dass Fisch und Rose bzw. Pfirsich und Teer subjektiv intensiver wahrgenommen wurden als Wasser.

Wasser und Rose bzw. Wasser und Pfirsich wurden gleichzeitig als subjektiv angenehmer befunden und lösten subjektiv positivere Stimmungslagen aus als Fisch bzw. Teer. Zudem galt für Rose bzw. Pfirsich, dass sie wiederum angenehmer bewertet wurden und für eine bessere Stimmung sorgten als Wasser.

Letztlich induzierten Rose bzw. Pfirsich signifikant mehr positive Erinnerungen als Wasser und Fisch bzw. Wasser und Teer.

5. Diskussion

In der nachfolgenden Diskussion erfolgt zunächst die Analyse und die Bewertung der Einzelergebnisse unter Beachtung unserer Hypothesen. Es schließt sich eine kritische Auseinandersetzung mit der gewählten Methodik sowie ein Ausblick auf mögliche weitere Untersuchungen an.

5.1 Einfluss der Duftexposition auf den emotionalen Ausdruck

Nachdem verschiedenste Studien zu dem Ergebnis gekommen waren, dass Düfte Emotionen auslösen können (Croy et al., 2011; Knasko, 1992; Rétiveau et al., 2004; Steiner, 1979), bestätigte sich dies durch Messung bzw. Objektivierung des emotionalen Ausdrucks in der Mimik und durch subjektive Bewertung der eigenen Emotionen in einem Fragebogen auch in diesem Versuch.

Entgegen unserer Annahmen löste kein Duft Freude in der Mimik aus, obwohl Pfirsich und Rose in den Fragebögen als signifikant angenehmer bewertet wurden und subjektiv offenbar mehr positive Emotionen auslösten (*siehe Abschnitte 4.5.2 und 4.5.3*).

Dies steht zunächst in Kontrast zu bekannten Ergebnissen, die allesamt darstellen, dass Düfte vor allem durch Ekel und Freude klassifiziert werden (Bensafi et al., 2002b; Croy et al., 2011; Glass et al., 2014). Die Bedeutung von Ekel führen wir a.e. auf eine evolutionäre Ursache zurück. Wichtig für das Überleben eines Individuums war seit jeher eine suffiziente Unterscheidung zwischen frischen bzw. geeigneten (Freude) und verdorbenen (Ekel) Speisen (Steiner, 1974). Eine zur Emotion passende, möglichst unverwechselbare Mimik dient dabei der Kommunikation. Gravierender für das Gegenüber wäre dabei, wenn die Kommunikation des Ekels fehlschlägt und dieses Lebewesen z.B. eine Vergiftung davonträgt. Nach Untersuchungen an Neugeborenen geht man sogar davon aus, dass mimische Reaktionen u.a. auf abstoßende Düfte und Geschmäcker reflexartig entstehen (Steiner, 1974). Dies wurde zwar auch für angenehme Düfte i.S. eines freudigen Ausdrucks beobachtet (Steiner, 1974), allerdings wesentlich weniger ausgeprägt als für Ekel (Steiner, 1979). Es ist anzunehmen, dass aus diesen Gründen Freude im hiesigen Versuch nicht signifikant häufig als Reaktion auf Düfte gezeigt wurde.

Auch Untersuchungen an Erwachsenen zeigten, dass die Muskeln, welche für ein Lächeln verantwortlich sind, nur aktiviert werden, wenn ein Duft in Anwesenheit von anderen Menschen bzw. während einer Interaktion wahrgenommen wird. Für das Riechen des Duftes in sozialer Isolation konnte dieser Effekt nicht beobachtet werden (Jäncke & Kaufmann, 1994). Die bloße Anwesenheit des Versuchsleiters im Versuch kann unserer Ansicht nach nicht direkt als soziale Interaktion gewertet werden. Ein Automatismus, ähnlich der Reflextheorie

(Steiner, 1979) könnte dazu geführt haben, dass keine mimische Reaktion auf den Duft ausgelöst wurde.

Nicht zuletzt sollte auch die Stimmung der Teilnehmer bedacht werden. In einer 1992 veröffentlichten Studie fiel auf, dass der Einfluss unangenehmer Düfte durchaus in der Lage ist, die Laune zu senken, angenehme Düfte aber nicht zu einer signifikanten Verbesserung beizutragen. Es wurde diskutiert, ob es an der bereits bestehenden guten Laune liegen könnte, dass es für positive Düfte gewissermaßen schwerer war, den Teilnehmern noch mehr Freude zu entlocken (Knasko, 1992). Der vorliegende Versuch wurde zu einer, den Probanden passend erscheinenden Zeit, überwiegend in den Sommermonaten ohne Druck oder wesentlich unangenehme Reize durchgeführt. Nicht wenige bekundeten Neugierde oder wirkten sichtlich gut gelaunt. Ein ähnliches Phänomen, wie das von Knasko 1992 diskutierte, wäre also auch hier denkbar.

An o.g. Beispiel von Knasko (1992) lässt sich auch erklären, warum Fisch und Teer signifikant mehr Traurigkeit auslösen konnten. Ein negativer Geruch kann eher ein unangenehmes Gefühl (z.B. Traurigkeit) auslösen, wenn die Stimmung zuvor gut ist, weil der Kontrast zwischen beidem stärker ist.

Aber auch Rose und Pfirsich lösten, entgegen unserer Erwartungen, Traurigkeit aus. Das war der Fall, obwohl die Auswertung der Fragebögen zeigte, dass beide Düfte signifikant häufiger mit positiven Gefühlen und Erinnerungen verbunden sind.

Allerdings konnte gezeigt werden, dass duftbezogene Erinnerungen vor allem in früher Kindheit entstehen (Willander & Larsson, 2006) und positive Düfte, welche Erinnerungen auslösen, vor allem mit einem Gefühl der Nostalgie verbunden sind (Matsunaga et al., 2013). Nostalgie ist, anders als ein klares Gefühl, eher ein bittersüßes Empfinden, mehr Glück als Trauer, was bestimmten Erinnerungen mitschwingt. Diese Erinnerungen treten verstärkt bei bedeutsamen Ereignissen auf (Reid et al., 2015; Routledge et al., 2008). Nostalgie ist die Freude, die man als Kind an einem schönen Sommertag beim Schaukeln empfunden hat und gleichzeitig die Traurigkeit, dass diese unbeschwerten Tage nicht mehr zurückkommen. So nah, wie Freude und Trauer in diesem Gefühl beieinander sind (Barrett et al., 2010; Matsunaga et al., 2013), ist es auch möglich, dass der traurige Ausdruck eher fälschlicherweise durch Nostalgie impliziert wurde. Dies deckt sich mit Voruntersuchungen, die zeigen, dass Düfte im Gegensatz zu visuellen Reizen effektiv v.a. autobiografische Erinnerungen auslösen (Chu & Downes, 2002)

Nicht nur Überraschung (s.u.), sondern auch Traurigkeit oder Nostalgie traten konstant über alle 3 Intervalle auf. Vor dem Versuch nahmen wir an, dass die emotionalen Reaktionen nur kurze Zeit nach Duftexposition gezeigt und den Adaptationsvorgängen im Riechprozess entsprechend verfliegen würden (Kumazaki et al., 2019). Die Reaktionen bei den unangenehm-

men Düften, insbesondere Fisch, könnten wegen ihrer Schutzfunktion möglicherweise länger anhalten. Tatsächlich fanden aber auch Rétiveau und Kollegen heraus, dass Düfte über den Punkt der Adaptation hinaus die Stimmung beeinflussen. Dies tun sie so lange, wie sie nachweisbar sind. Im genannten Versuch betrug die Zeitspanne drei Stunden (Rétiveau et al., 2004).

Weiterhin löste Pfirsich in der PA mehr Freude aus als in der AA. Das lässt sich zumindest teilweise dadurch erklären, dass es eine Art transiente Duftblindheit gibt. Wenn Menschen sich auf eine Aufgabe, zum Beispiel einen visuellen Stimulus konzentrieren, sinkt die Aufmerksamkeit für unerwartete Düfte bzw. die Duftschwelle steigt. Je anspruchsvoller die Aufgabe, umso mehr Menschen sind davon betroffen (Forster & Spence, 2018). Eventuell waren die Teilnehmer in AA zu sehr auf den Text konzentriert, als dass der Duft eine Reaktion hervorrufen konnte, während in PA die Konzentration auf den Duft und die Kapazität für eine bewusste Wahrnehmung des Pfirsichgeruchs schließlich eine Gesichtsregung auslösten. Dass Pfirsich Freude und keine negative Gefühlsregung wie Traurigkeit auslöste, deckt sich auch mit bestehenden Beobachtungen. Warum nur für Pfirsich und nicht für Rose, Fisch oder Teer ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Aufgaben auffiel, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Wasser löste in AA in Gruppe 2 hingegen mehr Überraschung aus. Dies ist vermutlich weniger eine Reaktion auf das Wasser als solches, sondern die Überraschung darüber, nichts zu riechen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Passivität oder Aktivität des Probanden keinen Einfluss auf die Mimik nach Duftexposition nehmen.

Vor dem Versuch stellten wir die Hypothese auf, dass v.a. Rose und Pfirsich, die typischerweise als angenehm empfunden werden, Überraschung auslösen. Wir knüpften dabei an die Untersuchung autonomer Variablen beim Riechen angenehmer und unangenehmer Düfte an, welche ergab, dass hedonisch hoch eingestufte Düfte Freude und Überraschung auslösen (Alaoui-Ismaïli, Robin, et al., 1997).

Unsere Annahme stellte sich zunächst als zutreffend heraus. Erstaunlicherweise lösten aber auch Teer und Fisch Überraschung aus.

Eine mögliche Erklärung liefern Voruntersuchungen aus dem Jahr 2009, welche prüfen sollten, ob vor der Bewertung von Düften hinsichtlich der Hedonik erst eine kognitive Bewertung bezüglich der Neuheit erfolgt. Dazu wurde während der Darbietung der Zieldüfte u.a. die Gesichtsmuskelaktivität mittels Elektromyografie gemessen. Die Auswertung ergab, dass alle Gerüche, auch die Unangenehmen, dem Teilnehmer nach 100 ms typische Reaktionen entlockten. Dazu gehören erhobene Augenbrauen und aufgerissene Augen (Delplanque et

al., 2009). Diese Kombination von Reaktionen ordnet Ekman der überraschten Mimik zu (Ekman, 2004).

Allerdings, und da überschneiden sich die Ergebnisse von Delplanque und Kollegen (2009) mit den unter 2.2.2 *Emotionstheorien* dargestellten Ergebnissen von Ekman (2004), scheint die Überraschung die kürzeste aller Emotionen zu sein. Dies steht im Widerspruch zu unserem Versuch – hier wurde Überraschung konstant über alle drei Intervalle, d.h. mindestens für 30 Sekunden nachgewiesen.

Theorien besagen auch, dass die Überraschung möglicherweise von so kurzer Dauer ist, dass sie vielmehr als Orientierungsprozess zu werten ist und andere Reaktionen (z.B. Freude oder Ärger) ca. 300 ms darauf folgen (Delplanque et al., 2009; Ekman, 2004). Das Training der SHORE™-Software mit Gesichtsproben könnte auf diese Weise zu einer Verfälschung geführt haben: Angenommen, auf nahezu jeden wirklich überraschten Ausdruck im Training folgte Ekmans (2004) Theorien entsprechend eine stabile und lang anhaltende (z.B. freudige oder traurige) Mimik, dann entspräche Überraschung nur einer Orientierungsphase, die eine andere Emotion nach sich zieht. So könnte SHORE™ trainiert worden sein, Freude als Überraschung fehlzuinterpretieren. Dies wäre ein passender Erkläransatz dafür, dass Überraschung über einen verhältnismäßig langen Zeitraum gezeigt wurde.

Weitere Untersuchungen legen nahe, dass ängstliche und überraschte Mimik eng miteinander verbunden sind bzw. eine Verwechslungsgefahr besteht (Ekman, 2004). Das ist a.e. darauf zurückzuführen, dass unsere evolutionären Vorfahren auf eine Orientierungsreaktion (entspricht der Überraschung) nach einem neuen Stimulus entweder nicht reagierten, weil er zu unbedeutend schien oder mit Aggression und/oder Angst das Überleben zu sichern versuchten, wenn er bedeutend erschien. Angst wird aber durch SHORE™ nicht abgebildet, sodass ungeklärt bleibt, ob insbesondere Fisch und Teer Angst statt Überraschung ausgelöst hätten. Ähnliche Überlegungen sind natürlich auch in Bezug auf eine Verwechslung von Überraschung und Freude denkbar (Alaoui-Ismaïli, Vernet-Maury, et al., 1997).

Ärger wurde durch keinen der Düfte, sondern lediglich durch Wasser ausgelöst. Die naheliegende Ursache ist, dass die Teilnehmer Ärger darüber empfanden, während der Darbietung von Wasser nichts zu riechen, obwohl sie in einer Riechstudie einen Duft erwarteten.

Scheinbar sind Düfte aber generell keine geeigneten Kanäle, um Ärger auszulösen (Bensafi et al., 2002b; Croy et al., 2011). In einer untersuchten Gruppe konnten nur 50 Prozent der Teilnehmer Düfte benennen, die sie mit Ärger assoziieren würden. Für visuelle Stimuli oder Freude und Ekel als olfaktorische Stimuli war der Anteil hingegen wesentlich höher. Außerdem sind Rose, Pfirsich, Teer und Fisch nicht die Düfte, die typischerweise Ärger auslösen. Dazu zählen a.e. Zigarettenrauch, Abgase und Parfüm (Croy et al., 2011). Relevanter ist hingegen die Modulation der Wahrnehmung. Die Schwelle für die korrekte Interpretation är-

gerlicher Gesichter sinkt, wenn sie im Kontext mit unangenehmen Düften auftreten (Leleu et al., 2015).

Sowohl Düfte als auch Emotionen lassen sich nicht nur als diskrete Begriffe beschreiben. Immer mehr in den Vordergrund rücken Dimensionsansätze. Hierbei wird ein Duft bzw. eine Emotion in einem Bereich zwischen verschiedenen Qualitäten einsortiert (Bensafi et al., 2002a; J. A. Russell, 1980).

Dass nur in einem Intervall in Gruppe 2 durch Teer und Pfirsich subtile Regungen i.S. einer positiven Valenz nachweisbar waren und sonst durch diesen Versuch v.a. diskrete Emotionen in den Gesichtern nachgewiesen wurden, steht in Kontrast zu anderen Ergebnissen, die andeuten, dass das Dufferleben eher auf einem Kontinuum zu beschreiben ist (Croy et al., 2011). Tatsächlich gibt es wenig Erkenntnis darüber, inwiefern Düfte subtile emotionale Regungen auslösen können.

Denkbar ist einerseits, dass die Software solch feine Regungen einfach nicht erkennen kann. Die Valenzanalyse stammt aber initial aus dem sog. EMO Scan, einem eigenen System entwickelt für die Detektion feiner Regungen, wie sie z.B. als Reaktion auf Werbung auftreten (Wagner-Havlicek & Wimmer, 2022). Sie ist also durchaus genau dafür konzipiert.

Schaut man sich andererseits die Funktionsweise von SHORE™ bzw. die Prinzipien des maschinellen Lernens an, besteht die Möglichkeit, dass ein technisches Gerät beim Abdecken eines dimensional (Valenzen) und eines kategorialen (Basisemotionen) Ansatzes gleichzeitig an seine Grenzen kommt. Wenn ein Gesicht erkannt wird, gleicht SHORE™ es mit 30000 gespeicherten Mustern ab (Wagner-Havlicek & Wimmer, 2022). Mimikinterpretation im Alltag überlässt stets einen gewissen Interpretationsspielraum abhängig vom Kontext, von den Vorerfahrungen und der Kultur. Der eine erkennt bspw. ein freundliches Gesicht, ein anderer meint, dass das Lächeln einer Person die Augen nicht erreicht und interpretiert die Regung eher negativ oder als unsicher. Dies kann ein technisches Gerät nicht oder nur begrenzt leisten, sodass denkbar ist, dass es bestimmte Regungen nach Abgleich mit bestimmten Vorlagen direkt einer Emotion zuordnet. Eine Valenzanalyse müsste somit in einem eigenen System erfolgen.

5.2.Diskussion weiter Einflussfaktoren

5.2.1 Alter

Wir nahmen an, dass die Emotionalität in der Gruppe der jüngeren Probanden (<40 Jahre) signifikant höher ist, weil mit dem Alter auch die Duftwahrnehmung und damit auch die resultierende emotionale Reaktion sinkt. Gleichwohl scheinen ältere Menschen stabiler in ihrer Emotionalität zu sein. In einem Versuch kam heraus, dass sie weniger häufig einer negativen Stimmung bzw. negativen Emotionen unterliegen (Nakagawa et al., 2017).

Tatsächlich konnte im Versuch aber kein signifikanter Einfluss der Altersstruktur auf die emotionale Reaktion nachgewiesen werden. Die Ursache dafür findet sich bei der Betrachtung des Durchschnittsalters der Gruppe ≥ 40 Jahre, welches bei 49,2 Jahren lag (siehe 4.1 *Probandenkollektiv*). Ein Abnehmen des Riechvermögens betrifft aber vor allem die Menschen, die älter als 65 Jahre sind (Doty & Kamath, 2014). Die Altersverteilung in dieser Gruppe war also möglicherweise nicht repräsentativ genug.

Gepaart mit der Überlegung, dass Menschen mit zunehmendem Alter mehr Düfte kennen, könnte dieser Ansatz auch erklären, warum die Probanden ≥ 40 Jahre ein signifikant höheres Ergebnis im ID erreichten.

5.2.2 Geschlecht

Es liegen diverse Belege für geschlechtsspezifische Unterschiede in der Duftwahrnehmung und Emotionalität vor. Frauen pflichten dem Geruchssinn bspw. bei alltäglichen Entscheidungen mehr Bedeutung bei als Männer (Seo et al., 2013). Sie können Körpergerüche eines Gegenüber besser unterscheiden (D. Chen & Haviland-Jones, 2000) und haben einen deutlichen Vorteil bei der Identifikation von Düften (Cain, 1982). Letzteres konnte nach Durchführung des ID in diesem Versuch nicht bestätigt werden. Auch die Annahme, dass Männer auf „typisch männliche“ Gerüche, wie Teer (in Assoziation zu Autos bzw. Motorsport), emotionaler reagieren, bewahrheitete sich nicht.

Frauen zeigten in Gruppe 2 während der Darbietung von Wasser in beiden Aufgaben mehr Überraschung, als bei Teer und Pfirsich. Es könnte sich um die Überraschung handeln, nichts zu riechen, vor allem wenn man bedenkt, dass Frauen nachgesagt wird, emotionaler zu reagieren als Männer. Dies ist vor allem auf kulturelle Denkweisen zurückzuführen, die Trauer und Freude „emotionaler“ (möglicherweise gleichzusetzten mit dramatischer) einordnen als Ärger. Freude und Trauer werden signifikant häufiger von Frauen gezeigt, Ärger hingegen überwiegend durch das männliche Geschlecht (Chaplin & Aldao, 2013).

5.3 Methodenkritik

5.3.1 Emotionsmessung

Verglichen mit anderen Verfahren des maschinellen Lernens, stellt die Bild- bzw. Emotionserkennung eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Das liegt auf der einen Seite an der Existenz verschiedener Klassen (Emotionen). Auf der anderen Seite sind selbst neutrale Gesichter uneinheitlich, wobei Brillen und Bärte Teile des Gesichts verdecken können oder die Bewegung des Mundes beim Sprechen das Gesicht verzerrt (Alpaydin, 2019).

Für Probanden mit leichter Hyp- oder Hyperopie konnte der Abstand der Bilder zum Auge so gewählt werden, dass ein Betrachten der solchen problemlos möglich war. Eine ausgeprägte

Sehstörung, die ein Abnehmen der Brille unmöglich machte, sorgte dafür, dass bereits der Schritt der Gesichtserkennung im Bild häufiger fehlschlug.

Auch bei Probanden, die entgegen der Aufgabenstellung während des Versuchs sprachen, schlug die Gesichtserkennung häufiger fehl und entsprechend auch die Emotionsanalyse. Diese Aspekte führten zum nachträglichen Ausschluss von 12 Probanden. Bärte stellten in diesem Versuch allerdings kein Hindernis dar, was a.e. darauf zurückzuführen ist, dass SHORE™ neben der Augenpartie besonders den Mund betrachtet. Dieser war bei keinem Probanden durch den Bart verdeckt. Folglich müsste bei einer Wiederholung des Versuchs ein Ausschluss von Probanden mit bestimmten Merkmalen erwogen werden, welcher allerdings nur auf Kosten eines möglichst repräsentativen Probandenkollektivs zu einer Abbildung menschlicher Emotionen führt.

Einen limitierenden Faktor stellen auch die technischen Möglichkeiten der Software dar. Es war uns dadurch nicht möglich Gefühle wie Ekel und Angst zu untersuchen, obwohl verschiedene Autoren die Bedeutung jener Emotionen in der Detektion von Umweltgefahren zur Befriedigung des Selbsterhaltungstriebes hervorheben, während andere Emotionen, wie Traurigkeit allenfalls eine untergeordnete Rolle spielen (Croy et al., 2011; Stevenson, 2010). Es ist also denkbar, dass Traurigkeit und Ärger, im Versuch zwar grundlegend korrekt eine negative Stimmung widerspiegeln, Ekel und Angst in zukünftigen Untersuchungen für genauere Ergebnisse aber berücksichtigt werden sollten.

Als weiterer potenzieller Einflussfaktor auf die Mimik sei auch die Anwesenheit des Versuchsleiters zu diskutieren. Einerseits ist bekannt, dass sich die Anwesenheit einer weiteren Person in einer fremden oder unangenehmen Situation positiv auf die Stimmung eines Menschen auswirkt (Baumeister & Leary, 1995), andererseits kann der Versuchsleiter aber auch einen Stressor dargestellt haben. Es könnte eine Verzerrung der Ergebnisse in eine positive oder negativere Richtung stattgefunden haben, welche aber durch die Tatsache, dass der Studienleiter immer anwesend war, als konstant anzusehen ist.

Sowohl bei der Bewertung der SHORE™-Ergebnisse, als auch bei denen der Fragebögen sollte das von Orne entwickelte Konzept der Anforderungsmerkmale (demand characteristics) berücksichtigt werden. Er unterteilt 4 Teilnehmer-Typen (siehe Tabelle 6). Sie sind sich der Studiensituation bewusst und entsprechend in der Lage, Hypothesen, über die von ihnen erwartete Reaktion zu bilden. Dadurch könnte der Versuch negativ beeinflusst werden (Orne, 1962).

Typ A	... verhält sich so, dass Hypothese möglichst erfüllt wird
Typ B	... verhält sich so, dass Hypothese möglichst widerlegt wird
Typ C	... verhält sich so, wie es sozial erwünscht erscheint
Typ D	... verhält sich authentisch nach den vorgegebenen Instruktionen

Tabelle 6: Darstellung der verschiedenen Typen von Studienteilnehmern (nach Orne, 1962)

Es fand eine einfache Verblindung statt, sodass die Teilnehmer nicht wussten, welcher Gruppe sie zugeteilt wurden und in welcher Reihenfolge die Düfte angeboten wurden. Es ist dennoch denkbar, dass Probanden, welche Emotionalität eher als Schwäche ansehen, Reaktionen bewusst verborgen haben. Um einen geringen Einfluss darauf nehmen zu können, legten wir den Probanden mehrfach nahe, möglichst spontan und authentisch zu reagieren. Schließlich könnte für zukünftige Untersuchungen ein abgewandeltes Fragebogenformular verwendet werden, in welchem individuelle Emotionen direkt erfragt werden. Damit lässt sich bspw. prüfen, ob es sich bei den negativen Emotionen tatsächlich um Ärger oder Trauer handelt.

5.3.2 Probandenkollektiv

Weiterhin sei gesagt, dass der Stichprobenumfang ($n = 146$) zwar ausreichend groß war, die Gruppe der ≥ 40 -Jährigen ($n = 19$) allerdings vergleichsweise klein. Das liegt v.a. daran, dass im Rahmen des Versuches und der Auswertung insgesamt 12 Probanden (10 davon aus der Gruppe ≥ 40 Jahre) ausgeschlossen werden mussten. Um zukünftig die Trennschärfe zu erhöhen und das Risiko für einen Fehler 2. Art zu minimieren sollten, gerade im Kollektiv ≥ 40 Jahre, verhältnismäßig viele Probanden rekrutiert werden. Dies gewährleistet eine ausreichend große Vergleichsgruppe trotz möglicher Ausschlüsse bspw. im ID.

Die Fragestellung der Studie war, ob Düfte überhaupt einen Effekt auf die Mimik haben. Daher gilt zu bedenken, dass ein größerer Anteil älterer Teilnehmer (> 55 Jahre) durch die physiologische Abnahme der Riechfunktion den Anschein erwecken könnte, dass kein oder ein geringerer Effekt der Düfte auf die Mimik vorhanden ist. Mit der vorherigen Prüfung der Riechfunktion mittels ID kann dies zumindest teilweise kontrolliert werden.

Sowohl die Riechleistung als auch die Emotionsbildung sind relativ störepfindliche Konstrukte. Sie unterliegen saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen, was in der Ergebnisbewertung zu berücksichtigen ist. Die Untersuchungen wurden zu verschiedenen Tageszeiten (abhängig von der Verfügbarkeit der Probanden) und im Zeitraum von Mai bis November durchgeführt, welcher durch die Zeit des stärksten Pollenflugs gekennzeichnet ist. Untersuchungen stellten insbesondere für Menschen mit Mischallergien (saisonale und perenniale Allergie) eine signifikante Verschlechterung der Riechleistung (gemessen am SDI-Wert) verglichen mit einer präseasonalen Messung fest. Auch bei Menschen mit einer rein saisonalen Allergie fiel eine leichte Verschlechterung auf (Fischer, 2013). Jeder Teilnehmer wurde nach bekannten Allergien befragt. Führt man sich die erschwerte Diagnosestellung bspw. bei der relativ neu auf den Plan getretenen lokal allergischen Rhinitis (LAR) vor Augen (Rondón et al., 2014), kommt eine hohe Dunkelziffer erschwerend hinzu.

Neben dem Pollenflug stellt auch die Verkürzung der Tage ein Problem für die Ergebnisbeurteilung dar. Insbesondere von Oktober bis März kann es, durch Störungen der zirkadianen

Rhythmik infolge Lichtmangels sowie durch Störungen im Serotonin-System, zur sog. Winterdepression kommen. Diese betrifft in den gemäßigten Breiten bis 5% der Menschen. Noch häufiger ist die subsyndromale Form, welche durch Müdigkeit und Heißhunger gekennzeichnet ist, ohne die Kriterien für eine manifeste Depression zu erfüllen (Bassa et al., 2013).

Nicht zuletzt kann eine Veränderung der Riechleistung aus zyklischem An- und Abschwellen der Nasenschleimhaut resultieren. Untersuchungen entsprechend folgt der Zyklus keiner starren Rhythmik, sondern variiert abhängig vom Individuum zwischen einer und zehn Stunden (C. Lang et al., 2003).

5.3.3 Versuchsaufbau

Auch wenn die Nutzung der Glasflaschen eine einfach umsetzbare und zuverlässige Methode der Duftpräsentation darstellte, könnten die, durch den Luftstrom und die Gasbildung verursachten, Geräusche für manche Probanden einen Stressor dargestellt haben. Diese Manipulation konnte durch eine ausreichend große Stichprobe und die Tatsache, dass sie konstant blieb, relativiert werden. Dem könnte durch den Einsatz anderer, geräuschloser Verfahren, bspw. dem aspUraclip® MINI-BREEZER (aspUraclip GmbH, Berlin, Deutschland) begegnet werden.

Analog zur Randomisierung der Duftreihenfolge sollte bei zukünftigen Versuchen möglicherweise auch auf eine Randomisierung zwischen PA und AA geachtet werden. Ein Effekt der in diesem Versuch gleich gebliebenen Reihenfolge bei jedem Probanden (erst PA, dann AA) ist nicht mit letzter Sicherheit ausschließbar.

5.4 Fazit und Ausblick

Emotionen als Antwort auf Düfte können z.B. durch eine Veränderung der Hautleitfähigkeit oder Herzfrequenz gemessen werden (Ehrlichman et al., 1997; Glass et al., 2014; Tsunetsugu & Ishibashi, 2019). Zur Objektivierung von Gesichtsausdrücken, der gängigsten körperlichen Reaktion einer Emotion, hat man sich dazu vor allem die Elektromyografie zunutze gemacht (Bensafi et al., 2002b; Delplanque et al., 2009). Mit SHORE™ bot sich die Möglichkeit, Daten ohne wesentliche Vorbereitung und im Zweifel sogar in Echtzeit zu erheben. Neben weiteren Aspekten gelang es uns zu zeigen, dass mimische Reaktionen nach Duftexposition nicht nur in der Elektromyografie aufgezeichnet (Bensafi et al., 2002b), sondern durch künstliche Intelligenz erkannt und differenziert werden können. Neben den ohnehin schon ständig wachsenden Einsatzgebieten von SHORE™ o.a. Programmen eröffnet das weitere Möglichkeiten bspw. in der Marktforschung oder der Medizin.

Die strenge Einteilung emotionaler Duftreaktionen in Basisemotionen erfuhr zunehmend Kritik. Versuche legen nahe, dass das gezeigte Emotionsspektrum ebenso vielfältig ist, wie die auslösenden Düfte (Chrea et al., 2009). Passenderweise war SHORE™ in der Lage, neben

den typischen kategorialen Emotionen wie Freude oder Ärger, auch emotionale Valenzen zu untersuchen, die keiner Basisemotion zuzuordnen sind.

Obgleich die Ergebnisse eher den Ansatz der Basisemotionen stützen, erwecken sie ebenso den Anschein, dass die Art wie Düfte die Mimik beeinflussen wesentlich komplexer ist als angenommen. Die Annahme, dass Düfte vor allem Gefühle von Ekel und Glück auslösen, zeigte sich in diesem Versuch als unzureichend. Stellt man die Ergebnisse der Fragebögen mit denen der SHORE™ -Software gegenüber, scheint sich das persönliche Empfinden nicht zwangsweise mit dem emotionalen Ausdruck zu decken. Nichtsdestotrotz unterstreicht der überwiegende Nachweis von Trauer und Überraschung zwei wesentliche, vielfach vorbeschriebene Eigenschaften des Riechens: Das mit etwas Neuem bzw. Unerwartetem assoziierte Gefühl der Überraschung zeigt, wie Düfte seit jeher von Mensch und Tier hinsichtlich Neuheit als Schutz vor potenzieller Gefahr bewertet werden (Manzini et al., 2014). Traurigkeit hingegen tritt vermehrt bei nachlassender Riechfunktion auf und kann bis zu einer manifesten Depression ausgeprägt sein (B. Chen et al., 2021; Pause et al., 2005). Oft verwechselt mit Nostalgie weist sie jedoch nach, mit welcher Stärke Düfte emotionale Erinnerungen auslösen.

Zudem fanden wir heraus, dass die soziale Interaktion eine ganz entscheidende Rolle für die Mimik nach Duftexposition spielt, was sich mit Voruntersuchungen deckt. Diese fanden heraus, dass Ausdrücke als Reaktion auf eine Duftumgebung kaum zu identifizieren waren, wenn die Probandinnen allein waren. Waren sie sich der Tatsache bewusst, dass ihre Reaktion beobachtet wurde, gelang die Identifikation wesentlich häufiger (Gilbert et al., 1987).

Weitgehend unabhängig scheint sie aber von bestimmten Störfaktoren, wie einer zu absolvierenden Aufgabe zu sein. Auch wenn Düfte vermeintlich schnell in den Hintergrund treten, konnten wir damit zeigen, dass unterbewusste Geruchsverarbeitungsprozesse einen nicht unerheblichen Einfluss auf uns haben. Damit schließen wir uns Studien an, die der unbewussten Duftverarbeitung nachsagen, dass sie einen wichtigen Beitrag in der sozialen Interaktion und der Aufgabenbewältigung leistet (Degel & Köster, 1999; Li et al., 2007). Dass dies in der Evolutionsbiologie begründet liegt und eine wichtige Schutzfunktion innehat, liegt auf der Hand.

Auch wenn dem Riechen von allen Sinnen die geringste Bedeutung beigemessen wird, verdeutlicht dieser Versuch wie viele andere davor, auf welche subtile Art Düfte in allen Lebensbereichen auf uns Einfluss nehmen.

Für weiterführende Untersuchungen schlagen wir größer angelegte Experimente vor, die zur besseren Differenzierung Ekel und Angst mit abbilden. Auch ein größeres Probandenkollektiv, welches Kinder und Probanden >70 Jahre einschließt, ist zu empfehlen.

Betrachtet man den engen Zusammenhang zwischen Riechstörungen und Depressionen (siehe 1. Einleitung), wären auch Forschungen hinsichtlich des Einflusses verschiedener

Riechstörungen auf Veränderungen in der Mimik bzw. in ihrer Nachweisbarkeit verglichen mit gesunden Kontrollgruppen interessant.

6. Zusammenfassung

6.1 Deutschsprachige Zusammenfassung

Der enge Zusammenhang zwischen Geruch und Emotionen konnte sowohl in Verhaltensstudien, als auch mittels bildgebender Verfahren vielfach nachgewiesen werden (Caous et al., 2015; Flohr et al., 2017; Jäncke & Kaufmann, 1994). Die emotionalen Reaktionen auf Düfte werden durch verschiedene körperliche Reaktionen (z.B. die Herzfrequenz) für das Individuum spürbar und so auch messbar (Tsunetsugu & Ishibashi, 2019). In der Kommunikation von Emotion nimmt der Gesichtsausdruck eine Sonderstellung ein (Rothermund & Eder, 2011). Studien zeigten, dass Duftreaktionen in der Mimik oft so subtil sind, dass es für ihre Darstellung einer sensiblen aber aufwendigen Elektromyografie bedarf. Daran anknüpfend war es unser Ziel, herauszufinden ob und wie angenehme und unangenehme Düfte eine für Computertechnik messbare emotionale Veränderung in der Mimik auslösen können.

Insgesamt 146 riechgesunde Frauen und Männer zwischen 18 und 67 Jahren konnten nach Ausschluss von 19 Teilnehmern in die Studie einbezogen werden. Eingeteilt in zwei Duftgruppen wurde ihnen je ein positiver und ein negativer Geruch (Rose und Fisch bzw. Pfirsich und Teer), sowie Wasser als Vergleichsbedingung angeboten. Währenddessen erfolgte die Videoaufzeichnung der Gesichter in einer passiven, also ohne eine weitere Tätigkeit, sowie einer aktiven, d.h. während einer beschäftigten Phase. Diese wurden in eine Software zur Mimikanalyse (SHORE™) eingespielt, welche auf maschinellem Lernen beruht und hinsichtlich Freude, Trauer, Ärger, Überraschung, positiver und negativer Valenz für jeden Duft und vergleichend zwischen beiden Aufgaben untersucht. Auch der Einfluss von Alter und Geschlecht sowie die subjektive Meinung, erhoben durch einen abschließenden Fragebogen, wurden berücksichtigt.

Es konnte gezeigt werden, dass Düfte durchaus maschinell registrierbare Mimikveränderungen auslösen. Diese sind v.a. den Basisemotionen zuzuordnen. In beiden Gruppen lösten die angenehmen und unangenehmen Düfte signifikant mehr Trauer und Überraschung aus als duftfreie Luft, wohingegen Wasser („kein Duft“) in beiden Gruppen signifikant mehr Ärger auslöste. Freude wurde nicht ausgelöst. Der Einfluss von Alter, Geschlecht und Aufgabe entpuppte sich als marginal. Wir folgern daraus, dass das Zeigen bestimmter Emotionen nach Duftexposition (z.B. Überraschung) durchaus zu Schutzzwecken fest im Menschen verankert sein könnte, während andere Ausdrücke (z.B. Freude) vom sozialen Kontext abhängen. Insgesamt scheinen Gerüche wesentlich komplexere emotionale Reaktionen auszulösen als angenommen.

6.2 English summary

The close relationship between odor and emotion has been demonstrated in behavioral studies as well as by imaging techniques (Caous et al., 2015; Flohr et al., 2017; Jäncke & Kaufmann, 1994). Emotional response to scent is felt by the individual through various bodily reactions (e.g., heart rate) and thus is also measurable (Tsunetsugu and Ishibashi, 2019). Facial expressions hold a certain position in the communication of emotion (Rothermund and Eder, 2011). Studies showed that response to odorants in facial expressions is often so subtle that elaborate electromyography is required. We aimed to find out whether and in which way pleasant and unpleasant odorants are able to trigger an measurable emotional change in facial expressions.

After the exclusion of 19 participants a total of 146 healthy women and men from 18 to 67 years took part in the study. Divided into two groups, every participant was offered a positive (rose or peach) and a negative (fish or tar) odorant, as well as water (neutral condition), while they found themselves in an active and a passive task. During odorant exposure facial reactions were recorded. These videos were fed into a facial expression analysis software (SHORE™) and analyzed regarding to joy, sadness, anger, surprise, positive and negative valence for each scent and comparatively between the active and the passive task. The influence of age and gender, as well as every participants subjective opinion collected by a questionnaire were also considered.

We showed that odorants are able to trigger facial expression changes that can be registered by SHORE™. Above all, basic emotions were elicited. In both groups, both pleasant and unpleasant odorants triggered significantly more sadness and surprise than water, while water elicited more anger. None of the odorants was able to elicit joy. The influence of age, gender, and task turned out to be marginal. We conclude that showing certain emotions after odorant exposure (e.g., surprise) may be grounded in humans for protective purposes, whereas other expressions (e.g., joy) depend on social context. To conclude, odors seem to trigger much more complex emotional responses than assumed.

Quellen

- Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., & Damasio, A. (1995). Fear and the human amygdala. *The Journal of Neuroscience*, 15(9), 5879–5891. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.15-09-05879.1995>
- Alaoui-Ismaïli, O., Robin, O., Rada, H., Dittmar, A., & Vernet-Maury, E. (1997). Basic Emotions Evoked by Odorants: Comparison Between Autonomic Responses and Self-Evaluation. *Physiology & Behavior*, 62(4), 713–720. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)90016-0](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)90016-0)
- Alaoui-Ismaïli, O., Vernet-Maury, E., Dittmar, A., Delhomme, G., & Chanel, J. (1997). Odor Hedonics: Connection With Emotional Response Estimated by Autonomic Parameters. *Chemical Senses*, 22(3), 237–248. <https://doi.org/10.1093/chemse/22.3.237>
- Albrecht, J., & Wiesmann, M. (2006). Das olfaktorische System des Menschen: Anatomie und Physiologie. *Der Nervenarzt*, 77(8), 931–939. <https://doi.org/10.1007/s00115-006-2121-z>
- Alfertshofer, M. G., & Cotofana, S. (2021). Das alternde Gesicht – Eine anatomische Übersicht. *Journal für Ästhetische Chirurgie*, 14(2), 62–67. <https://doi.org/10.1007/s12631-021-00256-y>
- Alghoul, M., & Codner, M. A. (2013). Retaining ligaments of the face: Review of anatomy and clinical applications. *Aesthetic Surgery Journal*, 33(6), 769–782. <https://doi.org/10.1177/1090820X13495405>
- Alpaydin, E. (2019). Maschinelles Lernen. In *Maschinelles Lernen* (2. erweiterte Auflage). De Gruyter Oldenbourg. <https://doi-org.wwwdb.dbod.de/10.1515/9783110617894>
- Aumüller, G., Aust, G., Conrad, A., Engele, J., Kirsch, J., Maio, G., Mayerhofer, A., Mense, S., Reißig, D., Salvetter, J., Schmidt, W., Schmitz, F., Schulte, E., Spanel-Borowski, K., Wennemuth, G., Wolff, W., Wurzing, L. J., & Zilch, H.-G. (2020). *Duale Reihe Anatomie*. (5. aktualisierte Auflage). Thieme.
- Aumüller, G., Aust, G., Engele, J., Kirsch, J., Maio, G., Mayerhofer, A., Mense, S., Reißig, D., Salvetter, J., Schmidt, W., Schmitz, F., Schulte, E., Spanel-Borowski, K., Wennemuth, G., Wolff, W., Wurzing, L. J., & Zilch, H.-G. (2014). *Duale Reihe Anatomie* (3. aktualisierte Auflage). Thieme. <http://wwwdb.dbod.de/login?url=https://dx.doi.org/10.1055/b-002-99154>
- Aumüller, G., Aust, G., Engele, J., Kirsch, J., Maio, G., Mayerhofer, A., Mense, S., Reißig, D., Salvetter, J., Schmidt, W., Schmitz, F., Schulte, E., Spanel-Borowski, K., Wennemuth, G., Wolff, W., Wurzing, L. J., & Zilch, H.-G. (2017). *Duale Reihe Anatomie* (4., aktualisierte Auflage). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-005-143674>

- Aungst, J. L., Heyward, P. M., Puche, A. C., Karnup, S. V., Hayar, A., Szabo, G., & Shipley, M. T. (2003). Centre-surround inhibition among olfactory bulb glomeruli. *Nature*, 426(6967), 623–629. <https://doi.org/10.1038/nature02185>
- AWMF (Hrsg.). (2016). *Riech- und Schmeckstörungen S2k-Leitlinie 017/050*. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-050l_S2k_Riech-und-Schmeckst%C3%B6rungen_2021-04-abgelaufen.pdf
- Barrett, F. S., Grimm, K. J., Robins, R. W., Wildschut, T., Sedikides, C., & Janata, P. (2010). Music-evoked nostalgia: Affect, memory, and personality. *Emotion*, 10(3), 390–403. <https://doi.org/10.1037/a0019006>
- Barth, A. P. (2013). Was ist ein Algorithmus? – Eine erste Antwort. In A. P. Barth (Hrsg.), *Algorithmik für Einsteiger: Für Studierende, Lehrer und Schüler in den Fächern Mathematik und Informatik* (S. 1–27). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-02282-2_1
- Bassa, D., Canazei, M., Hinterhuber, H., & M. Weiss, E. (2013). Lichttherapie: Zum Stand der aktuellen Forschung. *neuropsychiatrie*, 27(3), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s40211-013-0067-5>
- Baumeister, R., & Leary, M. (1995). The Need to Belong: Desire for Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation. *Psychological bulletin*, 117, 497–529. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.3.497>
- Bechara, A. (2000). Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, 10(3), 295–307. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.295>
- Bensafi, M., Rouby, C., Farget, V., Bertrand, B., Vigouroux, M., & Holley, A. (2002a). Autonomic nervous system responses to odours: The role of pleasantness and arousal. *Chemical Senses*, 27(8), 703–709. <https://doi.org/10.1093/chemse/27.8.703>
- Bensafi, M., Rouby, C., Farget, V., Bertrand, B., Vigouroux, M., & Holley, A. (2002b). Psychophysiological correlates of affects in human olfaction. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 32(5), 326–332. [https://doi.org/10.1016/S0987-7053\(02\)00339-8](https://doi.org/10.1016/S0987-7053(02)00339-8)
- Brandes, R., Lang, F., & Schmidt, R. F. (2019). *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie* (32. Auflage). Springer. <https://d-nb.info/1157108091/04>
- Brandstätter, V., & Otto, J. H. (2009). *Handbuch der Allgemeinen Psychologie—Motivation und Emotion* (1. Auflage, Bd. 11). Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG. <https://elibrary.hogrefe.com/book/99.110005/9783840918452>
- Brandstätter, V., Schüler, J., Puca, R. M., & Lozo, L. (2018). *Motivation und Emotion: Allgemeine Psychologie für Bachelor* (2. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56685-5>

- Breer, H. (2003). Olfactory receptors: Molecular basis for recognition and discrimination of odors. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 377(3), 427–433. <https://doi.org/10.1007/s00216-003-2113-9>
- Buck, L., & Axel, R. (1991). A Novel Multigene Family May Encode Odorant Receptors: A Molecular Basis for Odor Recognition. *Cell*, 65(1), 175–187. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(91\)90418-x](https://doi.org/10.1016/0092-8674(91)90418-x)
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(6), 215–222. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01483-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01483-2)
- Bushdid, C., Magnasco, M. O., Vosshall, L. B., & Keller, A. (2014). Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science (New York, N.Y.)*, 343(6177), 1370–1372. <https://doi.org/10.1126/science.1249168>
- Cain, W. S. (1982). Odor identification by males and females: Predictions vs performance 1. *Chemical Senses*, 7(2), 129–142. <https://doi.org/10.1093/chemse/7.2.129>
- Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory. *The American Journal of Psychology*, 39(1/4), 106–124. <https://doi.org/10.2307/1415404>
- Caous, C. A., Tobo, P. R., Talarico, V. H., Lopes, L. R., Yoshimine, E., Cruz Jr, A. C. da, Albuquerque, C., & Amaro Jr, E. (2015). Modulation of cerebral haemodynamic response to olfactory stimuli by emotional valence detected by functional magnetic resonance imaging. *Dementia & Neuropsychologia*, 9(4), 405–412. <https://doi.org/10.1590/1980-57642015DN94000405>
- Chaplin, T. M., & Aldao, A. (2013). Gender Differences in Emotion Expression in Children: A Meta-Analytic Review. *Psychological bulletin*, 139(4), 735–765. <https://doi.org/10.1037/a0030737>
- Chen, B., Benzien, C., Faria, V., Ning, Y., Cuevas, M., Linke, J., Croy, I., Haehner, A., & Hummel, T. (2021). Symptoms of Depression in Patients with Chemosensory Disorders. *ORL*, 83(3), 135–143. <https://doi.org/10.1159/000513751>
- Chen, D., & Haviland-Jones, J. (2000). Human olfactory communication of emotion. *Perceptual and Motor Skills*, 91(3), 771–781. <https://doi.org/10.2466/pms.2000.91.3.771>
- Chrea, C., Grandjean, D., Delplanque, S., Cayeux, I., Le Calvé, B., Aymard, L., Velazco, M. I., Sander, D., & Scherer, K. R. (2009). Mapping the Semantic Space for the Subjective Experience of Emotional Responses to Odors. *Chemical Senses*, 34(1), 49–62. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjn052>
- Chu, S., & Downes, J. J. (2002). Proust nose best: Odors are better cues of autobiographical memory. *Memory & Cognition*, 30(4), 511–518. <https://doi.org/10.3758/bf03194952>

- Clark, E. A., Kessinger, J., Duncan, S. E., Bell, M. A., Lahne, J., Gallagher, D. L., & O'Keefe, S. F. (2020). The Facial Action Coding System for Characterization of Human Affective Response to Consumer Product-Based Stimuli: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 11(920). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00920>
- Cohn, J. F., Ambadar, Z., & Ekman, P. (2007). Observer-based measurement of facial expression with the Facial Action Coding System. In J. A. Coan & J. J. B. Allen (Hrsg.), *Handbook of emotion elicitation and assessment* (S. 203–221). Oxford University Press.
- Corradi-Dell'Acqua, C., Hofstetter, C., & Vuilleumier, P. (2011). Felt and Seen Pain Evoke the Same Local Patterns of Cortical Activity in Insular and Cingulate Cortex. *Journal of Neuroscience*, 31(49), 17996–18006. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2686-11.2011>
- Croy, I., Negoias, S., Novakova, L., Landis, B. N., & Hummel, T. (2012). Learning about the Functions of the Olfactory System from People without a Sense of Smell. *PLOS ONE*, 7(3), e33365. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033365>
- Croy, I., Olgun, S., & Joraschky, P. (2011). Basic emotions elicited by odors and pictures. *Emotion*, 11(6), 1331–1335. <https://doi.org/10.1037/a0024437>
- Dalgleish, T., Dunn, B. D., & Mobbs, D. (2009). Affective Neuroscience: Past, Present, and Future. *Emotion Review*, 1(4), 355–368. <https://doi.org/10.1177/1754073909338307>
- Degel, J., & Köster, E. P. (1999). Odors: Implicit memory and performance effects. *Chemical Senses*, 24(3), 317–325. <https://doi.org/10.1093/chemse/24.3.317>
- Delplanque, S., Coppin, G., & Sander, D. (2017). Odor and Emotion. In A. Büttner (Hrsg.), *Handbook of Odor* (1. Auflage, S. 11). Springer International Publishing.
- Delplanque, S., Grandjean, D., Chrea, C., Coppin, G., Aymard, L., Cayeux, I., Margot, C., Velazco, M. I., Sander, D., & Scherer, K. R. (2009). Sequential unfolding of novelty and pleasantness appraisals of odors: Evidence from facial electromyography and autonomic reactions. *Emotion*, 9(3), 316–328. <https://doi.org/10.1037/a0015369>
- Doty, R. L., & Kamath, V. (2014). The influences of age on olfaction: A review. *Frontiers in Psychology*, 5(20), 20. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00020>
- Ehrlichman, H., Kuhl, S. B., Zhu, J., & Warrenburg, S. (1997). Startle reflex modulation by pleasant and unpleasant odors in a between-subjects design. *Psychophysiology*, 34(6), 726–729. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb02149.x>
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3–4), 169–200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>
- Ekman, P. (2004). *Gefühle lesen. Wie Sie Emotionen erkennen und richtig interpretieren* (1. Auflage). Elsevier.

- Ekman, P., & Lazarus, R. S. (1980). *The face of man: Expressions of universal emotions in a New Guinea village*. Garland STPM Press. <https://go.exlibris.link/V8SsHGIN>
- Ernst, A., & Kublbeck, C. (2011). Fast face detection and species classification of African great apes. *2011 8th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, 279–284. <https://doi.org/10.1109/AVSS.2011.6027337>
- Farahvash, M. R., Abianeh, S. H., Farahvash, B., Farahvash, Y., Yagoobi, A., & Nazparvar, B. (2010). Anatomic variations of midfacial muscles and nasolabial crease: A survey on 52 hemifacial dissections in fresh Persian cadavers. *Aesthetic Surgery Journal*, 30(1), 17–21. <https://doi.org/10.1177/1090820X09360703>
- Fehr, B., & Russell, J. A. (1984). Concept of emotion viewed from a prototype perspective. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(3), 464–486. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.3.464>
- Fischer, I. E. (2013). *Einfluss von Art und Dauer der allergischen Rhinitis auf das Riechvermögen* [Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin, Universität Ulm]. https://oparu.uni-ulm.de/xmlui/bitstream/handle/123456789/3505/vts_9280_13943.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flohr, E. L. R., Erwin, E., Croy, I., & Hummel, T. (2017). Sad man's nose: Emotion induction and olfactory perception. *Emotion*, 17(2), 369–378. <https://doi.org/10.1037/emo0000224>
- Forster, S., & Spence, C. (2018). “What Smell?” Temporarily Loading Visual Attention Induces a Prolonged Loss of Olfactory Awareness. *Psychological Science*, 29(10), 1642–1652. <https://doi.org/10.1177/0956797618781325>
- Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS (Regisseur). (2014, Juli 30). *SHORE Google Glass 2014*. <https://www.youtube.com/watch?v=Suc5B79qjfE>
- Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS. (2021, Dezember 4). *Visual emotion recognition and physiological feedback during therapy*. <https://www.iis.fraunhofer.de/en/ff/sse/machine-learning/affective-sensing/emotionssensitive-robotik.html>
- Frijda, N. H., & Parrott, W. G. (2011). Basic Emotions or Ur-Emotions? *Emotion Review*, 3(4), 406–415. <https://doi.org/10.1177/1754073911410742>
- Galati, D., Sini, B., Schmidt, S., & Tinti, C. (2003). Spontaneous Facial Expressions in Congenitally Blind and Sighted Children Aged 8–11. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 97(7), 418–428. <https://doi.org/10.1177/0145482X0309700704>
- Garbas, J.-U., Ruf, T., Unfried, M., & Dieckmann, A. (2013). Towards Robust Real-Time Valence Recognition from Facial Expressions for Market Research Applications. *2013*

- Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, 570–575. <https://doi.org/10.1109/ACII.2013.100>
- Gerkin, R. C., & Castro, J. B. (2015). The number of olfactory stimuli that humans can discriminate is still unknown. *ELife*, 4(e07865). <https://doi.org/10.7554/eLife.08127>
- Gilbert, A. N., Fridlund, A. J., & Sabini, J. (1987). Hedonic and social determinants of facial displays to odors. *Chemical Senses*, 12(2), 355–363. <https://doi.org/10.1093/chemse/12.2.355>
- Glass, S. T., Lingg, E., & Heuberger, E. (2014). Do ambient urban odors evoke basic emotions? *Frontiers in Psychology*, 5, 340. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00340>
- Glusman, G., Yanai, I., Rubin, I., & Lancet, D. (2001). The Complete Human Olfactory Subgenome. *Genome Research*, 11(5), 685–702. <https://doi.org/10.1101/gr.171001>
- Gottfried, J. A. (2006). Smell: Central Nervous Processing. In T. Hummel & A. Welge-Lüssen, *Taste and Smell* (Bd. 63, S. 44–69). Karger. <https://www.karger.com/Article/FullText/93750>
- Gottfried, J. A. (2010). Central mechanisms of odour object perception. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(9), 628–641. <https://doi.org/10.1038/nrn2883>
- Gottfried, J. A., & Zald, D. H. (2005). On the scent of human olfactory orbitofrontal cortex: Meta-analysis and comparison to non-human primates. *Brain Research Reviews*, 50(2), 287–304. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2005.08.004>
- Grabenhorst, F., Rolls, E., Margot, C., Silva, M., & Velazco, M. (2007). How Pleasant and Unpleasant Stimuli Combine in Different Brain Regions: Odor Mixtures. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 27(49), 13532–13540. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3337-07.2007>
- Haberly, L. B. (2001). Parallel-distributed Processing in Olfactory Cortex: New Insights from Morphological and Physiological Analysis of Neuronal Circuitry. *Chemical Senses*, 26(5), 551–576. <https://doi.org/10.1093/chemse/26.5.551>
- Hamm, A., Weike, A., & Pané-Farré, C. (2006). Wenn Furcht und Angst entgleisen Zur Pathologie des menschlichen Defensivsystems. *Psychologische Rundschau*, 57(3).
- Hamm, J., Kohler, C. G., Gur, R. C., & Verma, R. (2011). Automated Facial Action Coding System for Dynamic Analysis of Facial Expressions in Neuropsychiatric Disorders. *Journal of Neuroscience Methods*, 200(2), 237–256. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.06.023>
- Handwerker, H. O., & Schmelz, M. (2019). Allgemeine Sinnesphysiologie. In R. Brandes, F. Lang, & R. F. Schmidt (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (S. 629–643). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56468-4_49

- Hatt, H. (2007). Geschmack und Geruch. In R. F. Schmidt & F. Lang (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (30. Auflage, S. 421–436). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32910-7_19
- Herz, R. S., & Cupchik, G. C. (1995). The Emotional Distinctiveness of Odor-evoked Memories. *Chemical Senses*, 20(5), 517–528. <https://doi.org/10.1093/chemse/20.5.517>
- Hilton, S., & Gerber, P. A. (Hrsg.). (2020). *Botulinumtoxin in der ästhetischen Dermatologie: Lehrbuch für die Praxis*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58953-3>
- Honerkamp, J. (2015). Was ist ein Algorithmus? In J. Honerkamp (Hrsg.), *Wissenschaft und Weltbilder: Wie Wissenschaft unser Leben prägt und wir uns letzten Fragen nähern* (S. 91–98). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-43954-8_10
- Hummel, T., Kobal, G., Gudziol, H., & Mackay-Sim, A. (2007). Normative data for the “Sniffin’ Sticks” including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: An upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264(3), 237–243. <https://doi.org/10.1007/s00405-006-0173-0>
- Hummel, T., Rosenheim, K., Konnerth, C.-G., & Kobal, G. (2001). Screening of Olfactory Function with a Four-Minute Odor Identification Test: Reliability, Normative Data, and Investigations in Patients with Olfactory Loss. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 110(10), 976–981. <https://doi.org/10.1177/000348940111001015>
- Hummel, T., & Welge-Lüssen, A. (2009). *Riech- und Schmeckstörungen* (1. Auflage). Thieme. doi:10.1055/b-002-33686
- Izquierdo, I., Furini, C. R. G., & Myskiw, J. C. (2016). Fear Memory. *Physiological Reviews*, 96(2), 695–750. <https://doi.org/10.1152/physrev.00018.2015>
- Jacob, T. J. C., Fraser, C., Wang, L., Walker, V., & O’Connor, S. (2003). Psychophysical evaluation of responses to pleasant and mal-odour stimulation in human subjects; adaptation, dose response and gender differences. *International Journal of Psychophysiology*, 48(1), 67–80. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00020-5)
- Jäncke, L., & Kaufmann, N. (1994). Facial EMG responses to odors in solitude and with an audience. *Chemical Senses*, 19(2), 99–111. <https://doi.org/10.1093/chemse/19.2.99>
- Jonesgotman, M., & Zatorre, R. J. (1993). Odor Recognition Memory in Humans: Role of Right Temporal and Orbitofrontal Regions. *Brain and Cognition*, 22(2), 182–198. <https://doi.org/10.1006/brcg.1993.1033>
- Juckel, G. (2005). Mimik und Emotionalität—Am Beispiel depressiver Patienten. *psychoneuro*, 31(07/08), 379–384. <https://doi.org/10.1055/s-2005-915993>

- Kaiser, S., & Wehrle, T. (2016). *Handbuch der Allgemeinen Psychologie—Motivation und Emotion*. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/emotional-facial-action-coding-system-emfacs>
- Karnath, H.-O., & Thier, P. (Hrsg.). (2012). *Kognitive Neurowissenschaften* (3., erweiterte Auflage). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25527-4>
- Knasko, S. C. (1992). Ambient odor's effect on creativity, mood, and perceived health. *Chemical Senses*, 17(1), 27–35. <https://doi.org/10.1093/chemse/17.1.27>
- Kobal, G., Klimek, L., Wolfensberger, M., Gudziol, H., Temmel, A., Owen, C. M., Seeber, H., Pauli, E., & Hummel, T. (2000). Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology: Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 257(4), 205–211. <https://doi.org/10.1007/s004050050223>
- Koeppel, C. J., Ruser, P., Kitzler, H., Hummel, T., & Croy, I. (2020). Interoceptive accuracy and its impact on neuronal responses to olfactory stimulation in the insular cortex. *Human Brain Mapping*, 41(11), 2898–2908. <https://doi.org/10.1002/hbm.24985>
- Kontaris, I., East, B. S., & Wilson, D. A. (2020). Behavioral and Neurobiological Convergence of Odor, Mood and Emotion: A Review. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 14, 35. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.00035>
- Kumazaki, H., Muramatsu, T., Miyao, M., Okada, K., Mimura, M., & Kikuchi, M. (2019). Brief Report: Olfactory Adaptation in Children with Autism Spectrum Disorders. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 49(8), 3462–3469. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04053-6>
- Laberge, F., Mühlenbrock-Lenter, S., Grunwald, W., & Roth, G. (2006). Evolution of the Amygdala: New Insights from Studies in Amphibians. *Brain, Behavior and Evolution*, 67(4), 177–187. <https://doi.org/10.1159/000091119>
- Lang, C., Grützenmacher, S., Mlynski, B., Plontke, S., & Mlynski, G. (2003). Investigating the Nasal Cycle Using Endoscopy, Rhinoresistometry, and Acoustic Rhinometry. *The Laryngoscope*, 113(2), 284–289. <https://doi.org/10.1097/00005537-200302000-00016>
- Lang, P. J. (1994). The varieties of emotional experience: A meditation on James-Lange theory. *Psychological Review*, 101(2), 211–221. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.2.211>
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261–273. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03352.x>

- Ledoux, J. (2007). The amygdala. *Current Biology*, 17(20), 868–874. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.08.005>
- Leleu, A., Demily, C., Franck, N., Durand, K., Schaal, B., & Baudouin, J.-Y. (2015). The Odor Context Facilitates the Perception of Low-Intensity Facial Expressions of Emotion. *PLOS ONE*, 10(9), e0138656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138656>
- Li, W., Lopez, L., Osher, J., Howard, J. D., Parrish, T. B., & Gottfried, J. A. (2010). Right Orbitofrontal Cortex Mediates Conscious Olfactory Perception. *Psychological Science*, 21(10), 1454–1463. <https://doi.org/10.1177/0956797610382121>
- Li, W., Moallem, I., Paller, K. A., & Gottfried, J. A. (2007). Subliminal Smells can Guide Social Preferences. *Psychological Science*, 18(12), 1044–1049. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.02023.x>
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: A meta-analytic review. *Behavioral and Brain Sciences*, 35(3), 121–143. <https://doi.org/10.1017/S0140525X11000446>
- Lundström, J. N., Boesveldt, S., & Albrecht, J. (2010). Central Processing of the Chemical Senses: An Overview. *ACS Chemical Neuroscience*, 2(1), 5–16. <https://doi.org/10.1021/cn1000843>
- Macmillan, M. (2002). *An Odd Kind of Fame: Stories of Phineas Gage*. A Bradford Book.
- Manzini, I., Frasnelli, J., & Croy, I. (2014). Wie wir riechen und was es für uns bedeutet: Grundlagen des Geruchssinns. *HNO*, 62(12), 846–852. <https://doi.org/10.1007/s00106-014-2925-2>
- Matsunaga, M., Bai, Y., Yamakawa, K., Toyama, A., Kashiwagi, M., Fukuda, K., Oshida, A., Sanada, K., Fukuyama, S., Shinoda, J., Yamada, J., Sadato, N., & Ohira, H. (2013). Brain–Immune Interaction Accompanying Odor-Evoked Autobiographic Memory. *PLOS ONE*, 8(8), e72523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072523>
- Morecraft, R. J., Geula, C., & Mesulam, M.-M. (1992). Cytoarchitecture and neural afferents of orbitofrontal cortex in the brain of the monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 323(3), 341–358. <https://doi.org/10.1002/cne.903230304>
- Moreno, N., & González, A. (2007). Evolution of the amygdaloid complex in vertebrates, with special reference to the anamnio-amniotic transition. *Journal of Anatomy*, 211(2), 151–163. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2007.00780.x>
- Morik, K. (1993). Maschinelles Lernen. In G. Görz (Hrsg.), *Einführung in die künstliche Intelligenz* (1. Auflage). Addison-Wesley. <https://doi.org/10.17877/DE290R-14884>
- Müller, T. (2004, April 5). *Die Riechsinneszellen in der Nase können über 10 000 verschiedene Gerüche wahrnehmen*. <https://www.aerztezeitung.de/Panorama/Die-Riechsinneszellen-in-der-Nase-koennen-ueber-10-000-verschiedene-Gerueche-wahrnehmen-325606.html>

- Nakagawa, T., Gondo, Y., Ishioka, Y., & Masui, Y. (2017). Age, Emotion Regulation, and Affect in Adulthood: The Mediating Role of Cognitive Reappraisal. *Japanese Psychological Research*, 59(4), 301–308. <https://doi.org/10.1111/jpr.12159>
- Oleszkiewicz, A., & Hummel, T. (2019). Whose nose does not know? Demographical characterization of people unaware of anosmia. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 276, 1849–1852. <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05414-8>
- Orne, M. T. (1962). On the social psychology of the psychological experiment: With particular reference to demand characteristics and their implications. *American Psychologist*, 17(11), 776–783. <https://doi.org/10.1037/h0043424>
- Pape, H.-C., Kurtz, A., & Silbernagl, S. (2019). *Physiologie*. (9. Auflage (9. vollständig überarbeitete Auflage)). Thieme.
- Passamonti, L., Rowe, J. B., Ewbank, M., Hampshire, A., Keane, J., & Calder, A. J. (2008). Connectivity from the ventral anterior cingulate to the amygdala is modulated by appetitive motivation in response to facial signals of aggression. *Neuroimage*, 43(3), 562–570. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.07.045>
- Patin, A., & Pause, B. M. (2015). Human amygdala activations during nasal chemoreception. *Neuropsychologia*, 78, 171–194. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.10.009>
- Pause, B. M., Lembcke, J., Reese, I., Hinze-Selch, D., Aldenhoff, J. B., & Ferstl, R. (2005). Reduzierte geruchliche Sensitivität bei Psychopharmaka-freien Patienten mit Major Depression. [Reduced olfactory sensitivity in antidepressant drug-free patients with major depression.]. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie: Forschung und Praxis*, 34(2), 79–85. <https://doi.org/10.1026/1616-3443.34.2.79>
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2002). Functional Neuroanatomy of Emotion: A Meta-Analysis of Emotion Activation Studies in PET and fMRI. *NeuroImage*, 16(2), 331–348. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1087>
- Pohl, A., Anders, S., Schulte-Rüther, M., Mathiak, K., & Kircher, T. (2013). Positive Facial Affect – An fMRI Study on the Involvement of Insula and Amygdala. *PLOS ONE*, 8(8), e69886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069886>
- Potter, H., & Butters, N. (1980). An assessment of olfactory deficits in patients with damage to prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 18(6), 621–628. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(80\)90101-3](https://doi.org/10.1016/0028-3932(80)90101-3)
- Price, J. L. (1973). An autoradiographic study of complementary laminar patterns of termination of afferent fibers to the olfactory cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 150(1), 87–108. <https://doi.org/10.1002/cne.901500105>
- Reid, C. A., Green, J. D., Wildschut, T., & Sedikides, C. (2015). Scent-evoked nostalgia. *Memory*, 23(2), 157–166. <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.876048>

- Rétiveau, A. n., Iv, E. C., & Milliken, G. a. (2004). Common and Specific Effects of Fine Fragrances on the Mood of Women. *Journal of Sensory Studies*, 19(5), 373–394. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459x.2004.102803.x>
- Rolls, E. T. (1999). The functions of the orbitofrontal cortex. *Neurocase*, 5(4), 301–312. <https://doi.org/10.1080/13554799908411984>
- Rolls, E. T. (2000). Précis of The brain and emotion. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(2), 177–191. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00002429>
- Rolls, E. T., Hornak, J., Wade, D., & McGrath, J. (1994). Emotion-related learning in patients with social and emotional changes associated with frontal lobe damage. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 57(12), 1518–1524. <https://doi.org/10.1136/jnnp.57.12.1518>
- Rolls, E. T., Kringelbach, M. L., & de Araujo, I. E. T. (2003). Different representations of pleasant and unpleasant odours in the human brain. *European Journal of Neuroscience*, 18(3), 695–703. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2003.02779.x>
- Rondón, C., Campo, P., Zambonino, M. A., Blanca-Lopez, N., Torres, M. J., Melendez, L., Herrera, R., Guéant-Rodriguez, R.-M., Guéant, J.-L., Canto, G., & Blanca, M. (2014). Follow-up study in local allergic rhinitis shows a consistent entity not evolving to systemic allergic rhinitis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 133(4), 1026–1031. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2013.10.034>
- Rothermund, K., & Eder, A. (2011). Emotion. In K. Rothermund & A. Eder (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie: Motivation und Emotion* (1. Aufl., S. 165–204). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93420-4_5
- Routledge, C., Arndt, J., Sedikides, C., & Wildschut, T. (2008). A blast from the past: The terror management function of nostalgia. *Journal of Experimental Social Psychology*, 44(1), 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2006.11.001>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178. <http://dx.doi.org/10.1037/h0077714>
- Russell, JamesA. (2009). Emotion, core affect, and psychological construction. *Cognition & Emotion*, 23(7), 1259–1283. <https://doi.org/10.1080/02699930902809375>
- Sarnat, H. B., & Yu, W. (2015). Maturation and Dysgenesis of the Human Olfactory Bulb. *Brain Pathology*, 26(3), 301–318. <https://doi.org/10.1111/bpa.12275>
- Schmeißer, M., Schumann, S., & Ulfig, N. (2020). *Kurzlehrbuch Neuroanatomie* (2. vollständig überarbeitete Auflage). Thieme.
- Schmidt-Atzert, L., Peper, M., Stemmler, G., Hasselhorn, M., Heuer, H., & Schneider, S. (2014). *Emotionspsychologie: Ein Lehrbuch* (2. Auflage). Kohlhammer Verlag.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. H. (2018). *Prometheus LernAtlas—Kopf, Hals und Neuroanatomie* (M. Schünke, E. Schulte, U. Schumacher,

- M. Voll, & K. H. Wesker, Hrsg.; 5. Auflage). Georg Thieme Verlag.
<https://doi.org/10.1055/b-006-149644>
- Schützeichel, R. (2006). *Emotionen und Sozialtheorie. Disziplinäre Ansätze*. Campus.
- Seo, H.-S., Lee, S., & Cho, S. (2013). Relationships between personality traits and attitudes toward the sense of smell. *Frontiers in Psychology*, 4, 901.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00901>
- Sharpley, C. F., & Bitsika, V. (2010). The diverse neurogeography of emotional experience: Form follows function. *Behavioural Brain Research*, 215(1), 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.06.031>
- Silbernagl, S., Despopoulos, A., Draguhn, A., Gay, R., & Rothenburger, A. (2018). *Taschenatlas Physiologie* (9., vollständig überarbeitete Auflage). Georg Thieme Verlag.
- Soudry, Y., Lemogne, C., Malinvaud, D., Consoli, S.-M., & Bonfils, P. (2011). Olfactory system and emotion: Common substrates. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 128(1), 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2010.09.007>
- Spitzer, M. (2014). Geruchssinn und Lebenserwartung. *Nervenheilkunde*, 33(11), 822–823.
<https://doi.org/10.1055/s-0038-1627739>
- Steiner, J. E. (1974). Discussion Paper: Innate, Discriminative Human Facial Expressions to Taste and Smell Stimulation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 237(1), 229–233. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1974.tb49858.x>
- Steiner, J. E. (1979). Human facial expressions in response to taste and smell stimulation. *Advances in Child Development and Behavior*, 13, 257–295.
[https://doi.org/10.1016/s0065-2407\(08\)60349-3](https://doi.org/10.1016/s0065-2407(08)60349-3)
- Stevenson, R. J. (2010). An Initial Evaluation of the Functions of Human Olfaction. *Chemical Senses*, 35(1), 3–20. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjp083>
- Temmel, A. F. P., Quint, C., Schickinger-Fischer, B., Klimek, L., Stoller, E., & Hummel, T. (2002). Characteristics of Olfactory Disorders in Relation to Major Causes of Olfactory Loss. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 128(6), 635–641.
<https://doi.org/10.1001/archotol.128.6.635>
- Trepel, M. (2017). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion* (7. Auflage). Elsevier.
- Tsunetsugu, Y., & Ishibashi, K. (2019). Heart rate and heart rate variability in infants during olfactory stimulation. *Annals of Human Biology*, 46(4), 347–353.
<https://doi.org/10.1080/03014460.2019.1622775>
- Uddin, L. Q., Nomi, J. S., Hébert-Seropian, B., Ghaziri, J., & Boucher, O. (2017). Structure and Function of the Human Insula: *Journal of Clinical Neurophysiology*, 34(4), 300–306. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000377>
- Vogel, S. (1996). *Emotionspsychologie* (1. Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
<https://doi.org/10.1007/978-3-322-91681-5>

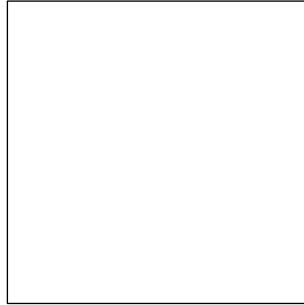
- Vogt, B. A., Finch, D. M., & Olson, C. R. (1992). Functional Heterogeneity in Cingulate Cortex: The Anterior Executive and Posterior Evaluative Regions. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. 1991)*, 2(6), 435–443. <https://doi.org/10.1093/cercor/2.6.435-a>
- Vogt, B. A., & Pandya, D. N. (1987). Cingulate cortex of the rhesus monkey: II. Cortical afferents. *Journal of Comparative Neurology*, 262(2), 271–289. <https://doi.org/10.1002/cne.902620208>
- Wagner-Havlicek, C., & Wimmer, H. (2022). *Werbe- und Kommunikationsforschung II: Methoden – Stärken/Schwächen – Anwendungsbeispiele* (1. Auflage). Nomos.
- Wegener, B.-A. (2015). *Riechtraining mit älteren Menschen* [Medizinische Dissertation, TU Dresden]. https://www.uniklinikum-dresden.de/de/das-klinikum/kliniken-polikliniken-institute/hno/forschung/interdisziplinaeres-zentrum-fuer-riechen-und-schmecken/downloads/doktorarbeiten/birte_antina_wegener_2015.pdf
- Weyrauch, D. (2017). *Evaluierung verschiedener Verfahren zur Gesichts- und Texterkennung in TV-Beiträgen und anschließender Implementierung eines geeigneten Ansatzes* [Bachelorarbeit, Hochschule Offenburg]. <https://opus.hs-offenburg.de/frontdoor/deliver/index/docId/2319/file/Thesis.pdf>
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.-P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of Us Disgusted in My Insula: The Common Neural Basis of Seeing and Feeling Disgust. *Neuron*, 40(3), 655–664. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(03\)00679-2](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(03)00679-2)
- Willander, J., & Larsson, M. (2006). Smell your way back to childhood: Autobiographical odor memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(2), 240–244. <https://doi.org/10.3758/BF03193837>
- Wolf, K. (2015). Measuring facial expression of emotion. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 17(4), 457–462. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2015.17.4/kwolf>
- ZALD, D. H., LEE, J. T., FLUEGEL, K. W., & PARDO, J. V. (1998). Aversive gustatory stimulation activates limbic circuits in humans. *Brain (London, England: 1878)*, 121(6), 1143–1154. <https://doi.org/10.1093/brain/121.6.1143>
- Zald, D. H., & Pardo, J. V. (1997). Emotion, olfaction, and the human amygdala: Amygdala activation during aversive olfactory stimulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(8), 4119–4124. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.8.4119>
- Zhou, G., Lane, G., Cooper, S. L., Kahnt, T., & Zelano, C. (2019). Characterizing functional pathways of the human olfactory system. *ELife*, 8, e47177. <https://doi.org/10.7554/eLife.47177>

Anhang

Anhang 1: Fabel der Runde 1

Der Fuchs und der Bock

Ein Bock und ein Fuchs gingen in der größten Hitze miteinander über die Felder und fanden, von Durst gequält, endlich einen Brunnen, jedoch kein Gefäß zum Wasserschöpfen. Ohne sich lang zu bedenken, sprangen und stillten ihren Durst. Nun erst schauen, wie er wieder herausberuhigte ihn und sagte: "Sei ich Rat, der uns beide retten terbeine, stemme die vorderen Kopf recht in die Höhe, dass die ich leicht von deinem Rücken hinausspringen und auch dich retten!" Der Bock tat dies alles ganz willig. Mit einem Sprung war der Fuchs gerettet und spottete nun des Bocks voll Schadenfreude, der ihn hingegen mit Recht der Treulosigkeit beschuldigte. Endlich nahm der Fuchs Abschied und sagte: "Ich sehe schlechterdings keinen Ausweg zu deiner Rettung, mein Freund! Höre aber zum Dank meine Ansicht: Hättest du so viel Verstand gehabt als Haare im Bart, so wärest du nie in diesen Brunnen gestiegen, ohne auch vorher zu bedenken, wie du wieder herauskommen könntest!" Vorgetan und nachbedacht, hat manchen in groß Leid gebracht!

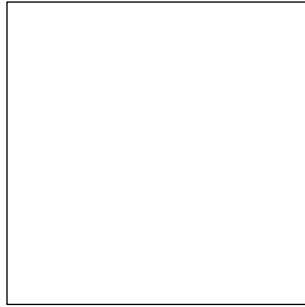


sie, der Bock voraus, hinunter begann der Bock umherzukommen könnte. Der Fuchs guten Muts, Freund, noch weiß kann! Stelle dich auf deine Hingegen die Wand und recke den Hörner ganz aufliegen, so kann

Anhang 2: Fabel der Runde 2

Der Hund und das Stück Fleisch

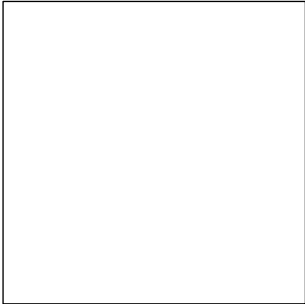
Ein großer Hund hatte einem kleinen, schwächlichen Hündchen ein dickes Stück Fleisch abgejagt. Er brauste mit seiner Beute davon. Als er über eine schmale Brücke lief, fiel zufällig sein Blick ins Wasser. Wiehen, denn er sah unter sich einen festhielt. "Der kommt mir zur auf der Brücke, "heute habe ich Fleisch scheint noch größer zu te sich der Hund kopfüber in den den er von der Brücke aus gesehen hatte. Das Wasser spritzte auf. Er ruderte wild im Bach umher und spähte hitzig nach allen Seiten. Aber er konnte den Hund mit dem Stück Fleisch nicht mehr entdecken, er war verschwunden. Da fiel dem Hund sein soeben erbeutetes, eigenes Stück ein. Wo war es geblieben? Verwirrt tauchte er unter und suchte danach. Doch vergeblich, in seiner dummen Gier war ihm auch noch das Stück Fleisch verloren gegangen, das er schon sicher zwischen seinen Zähnen gehabt hatte.



Anhang 3: Fabel der Runde 3

Der Löwe und der Bär

Ein Fuchs war einmal auf Jagd gegangen, einen guten Bissen zu erbeuten. Er war noch nicht lange unterwegs, als er ein lautes Streiten vernahm. Ein Bär schlug mit seinen Tatzen nach einem Löwen und fauchte ihn wütend an: "Ich war der erste beim Hirschkalb. Die Beute gehört mir, ich habe sie gefangen." "Nein!" brüllte der Löwe als erster hier, und darum gehört kräftig und schnappte mit seinen des Bären. Der Löwe und der nander. Dem Fuchs erschien



weil er sich nicht weit von ihm entfernt lag die Streitbeute, und er musste sich zusammenreißen, dass er sich nicht gleich auf das Hirschkalb stürzte. Aber er war klug und sagte sich: "Sind die Streitenden erst erschöpft, so können sie mir nichts mehr anhaben." Als der Bär und der Löwe nach unerbittlichem Kampf endlich kraftlos zusammenbrachen, waren sie tatsächlich nicht mehr fähig, sich zu rühren. Der Fuchs schritt an ihnen vorbei und holte sich die Beute. Er verneigte sich höflich und sagte: "Danke, meine Herren, sehr freundlich, wirklich sehr freundlich!" Lachend zog er mit dem Hirschkalb ab.

Anhang 4: Gesundheitsfragebogen

Anamnese-Fragebogen

Geschlecht:	☐ weiblich	☐ männlich	Jahrgang:
ich fühle mich gesund:	☐ nein	☐ ja	
Rauchen:	☐ nein	☐ ja → wie viel (Anzahl Packyears)?	
Alkohol:	☐ nein	☐ gelegentlich	☐ regelmäßig
Drogen:	☐ nein	☐ ja → welche?	
Medikamente:	☐ nein	☐ ja → welche?	
Nasenoperation:	☐ nein	☐ ja	
falls ja, genauere Angaben:			
Polypen in der Nase:	☐ nein	☐ ja	
falls ja, genauere Angaben:			
Asthma:	☐ nein	☐ ja	
Schädel-Hirn-Trauma:	☐ nein	☐ ja	
falls ja, genauere Angaben:			
Morbus Parkinson in der Familie	☐ nein	☐ ja	
Morbus Alzheimer in der Familie	☐ nein	☐ ja	
Andere neurologische Erkrankungen:	☐ nein	☐ ja	
falls ja, genauere Angaben:			
Andere chronische Erkrankungen:	☐ nein	☐ ja	
falls ja, genauere Angaben:			
Sehschwäche	☐ nein	☐ ja	
Brille zum Lesen	☐ nein	☐ ja	
Körpergewicht (kg) Körpergröße (cm)			

Anhang 5: eigener Fragebogen

Fragebogen

Datum:

PrbID:

Reihenfolge der Düfte:

Wie deutlich haben Sie den Duft wahrgenommen? (Skala 0-10; 0= überhaupt nicht, 10=maximale Wahrnehmung, Zutreffendes bitte unterstreichen)

Duft 1:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Duft 2:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Duft 3:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Empfanden Sie die Düfte als angenehm/unangenehm/neutral? (Skala -5 bis 5; -5= extrem unangenehm, 0= neutral 5= extrem angenehm)

Duft 1:

-5 -4 -3 -2 -1 **0** 1 2 3 4 5

Duft 2:

-5 -4 -3 -2 -1 **0** 1 2 3 4 5

Duft 3:

-5 -4 -3 -2 -1 **0** 1 2 3 4 5

Verbinden Sie mit einem/mehreren der Düfte ein positives/negatives Gefühl? (Zutreffendes bitte unterstreichen)

1 ja nein; **wenn ja:** positiv negativ

2 ja nein; **wenn ja:** positiv negativ

5 ja nein; **wenn ja:** positiv negativ

Verbinden Sie mit einem/mehreren der Düfte eine positive/negative Erinnerung? (Zutreffendes bitte unterstreichen)

1 ja nein; **wenn ja:** positiv negativ

2 ja nein; **wenn ja:** positiv negativ

3 ja nein; **wenn ja:** positiv negativ

Wurde der Text/das Bild durch den Duft positiver/ negativer wahrgenommen?

1 ja nein; **wenn ja:** positiver negativer

2 ja nein; **wenn ja:** positiver negativer

3 ja nein; **wenn ja:** positiver negativer

Veröffentlichungen

Sabiniewicz, A., Heyne, F., & Hummel, T. (2020). Odors modify emotional responses. *Flavour and Fragrance Journal*, 36(2), 256–263. <https://doi.org/10.1002/ffj.3640>