

Aus der Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Universitätsklinikum Carl Gustav  
Carus der Technischen Universität Dresden

Direktor:

---

Einfluss von Gerüchen auf Berührung

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

Edda Drechsler

aus Haßfurt

Dresden Jahr (der Einreichung im Dekanat)

## Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Grundlagen des Riechens .....	1
1.1.1	Bedeutung der Geruchswahrnehmung.....	1
1.1.2	Anatomische und physiologische Grundlagen.....	2
1.1.3	Zentrale Weiterleitung .....	3
1.2	Grundlagen der Berührungswahrnehmung .....	4
1.2.1	Bedeutung von Berührungswahrnehmung.....	4
1.2.2	Anatomische und physiologische Grundlagen.....	4
1.2.3	Zentrale Verarbeitung .....	5
1.3	Funktionelle Magnetresonanztomographie.....	6
1.3.1	Grundlagen der Magnetresonanztomographie.....	6
1.3.2	Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie.....	7
1.3.3	Geruchssinn in der fMRT .....	8
1.3.4	Berührungsreize in der fMRT .....	9
1.4	Hypothesen .....	9
2	Material und Methoden .....	11
2.1	Probanden- und Teilnahmekriterien .....	11
2.2	Sniffin-Sticks-Diskriminationstest.....	12
2.3	verwendete Fragebögen .....	13
2.3.1	Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung.....	13
2.3.2	Fragebogen zur Empfindung von Körperkontakt .....	13
2.3.3	Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit.....	14
2.4	Aufbau des Olfaktometers .....	15
2.5	Verwendete Gerüche .....	16
2.6	Berührung.....	16
2.7	fMRT .....	17
2.8	Datenauswertung .....	19
3	Ergebnisse.....	22
3.1	Auswertung der Fragebögen .....	22
3.2	Ratings während der fMRT-Untersuchung.....	25
3.2.1	Ratings der Gerüche .....	25
3.2.2	Ratings der Berührungen.....	28
4	Diskussion .....	41

4.1	Wahrnehmung von Civette .....	41
4.2	Wahrnehmung der Berührung .....	42
4.3	Einfluss von Civette auf die Berührung .....	42
4.4	Zentrale Aktivierungen von Civette im Vergleich mit dem Kontrollduft.....	43
4.5	Zentrale Verarbeitung von Berührung .....	44
4.6	Einfluss von Civette auf die neuronale Verarbeitung der Berührung .....	45
5	Zusammenfassung.....	47
6	Literaturverzeichnis.....	49
7	Anhang.....	54
8	Abbildungsverzeichnis.....	63
9	Tabellenverzeichnis .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Am	Amygdala
B	Berührung
BOLD	Blood Oxygenation Level Dependent
B+C	Berührung + Civette
B+R	Berührung + Rose
C	Civette
CC	Cingulärer Kortex
CT	C-taktile
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
Hip	Hippocampus
Ins ant	Insula anterior
MRT	Magnetresonanztomographie
n.s.	nicht signifikant
OFC	Orbitofrontaler Kortex
R	Rose
ROI	Region of interest
Tab.	Tabelle
TE	Echozeit
TR	Repetitionszeit
SD	Standardabweichung
SMA	supplementär motorischer Kortex
S1	primärer somatosensorischer Kortex
S2	sekundärer somatosensorischer Kortex
Tha	Thalamus
Vs.	versus

# 1 Einleitung

## 1.1 Grundlagen des Riechens

### 1.1.1 Bedeutung der Geruchswahrnehmung

Das Riechen spielt oft eine unterschätzte Rolle unter den menschlichen Sinnen. Jedoch haben Gerüche mehr Einfluss als allgemein angenommen. Ein wichtiges Beispiel ist die Modifikation des Geschmacks. Die Geschmacksrezeptoren allein vermitteln nur die Grundgeschmacksrichtungen süß, sauer, salzig, bitter und umami. Nur durch die Gerüche, die retronasal das Riechepithel erreichen, entsteht ein vielfältiges Geschmackserlebnis (Small, Gerber et al. 2005). Gerüche interagieren aber auch mit anderen sensorischen Eindrücken: Sie können die Wahrnehmung von Geräuschen (Seo and Hummel 2011), Bildern (Parma, Tirindelli et al. 2012) und Tastempfindungen (Dematte, Sanabria et al. 2006; Churchill 2009) verändern. Zum Beispiel zeigte eine Studie, dass der Geruch des Shampoos einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Haarstruktur hat (Churchill 2009). In einer anderen Studie schätzten die Studienteilnehmer Textilien weicher ein, wenn sie mit einem angenehmen Duft, wie Zitrone, dargeboten wurden, als wenn sie zusammen mit einem unangenehmen, tierähnlichem Geruch präsentiert wurden (Dematte, Sanabria et al. 2006).

Bestimmte Gerüche können Emotionen auslösen. Nachgewiesen wurde, dass der Geruch von Essen und Blumenduft einen Glückszustand und Fäkalien Geruch ein Ekelgefühl erzeugen kann (Croy, Olgun et al. 2011; Seo, Guarneros et al. 2011). Der Geruch von Angstschweiß kann Furcht auslösen und so die Alarmbereitschaft und die Konzentrationsfähigkeit erhöhen (Mujica-Parodi, Strey et al. 2009; de Groot, Smeets et al. 2012). Des Weiteren wurde nachgewiesen, dass Gerüche die Stimmungslage beeinflussen können (Herz 2009) und Einfluss auf soziales Verhalten und Entscheidungen nehmen kann, zum Beispiel auf die Partnerwahl. Wir bevorzugen wahrscheinlich Körpergerüche von Menschen, die möglichst unterschiedliche MHC-Moleküle haben (Wedekind, Seebeck et al. 1995). Eine Untersuchung mit einem unserer Studie ähnlichem Design zeigte, dass unangenehme Gerüche die Attraktivität einer Person herabsetzen können (Dematte, Osterbauer et al. 2007). Hierbei stuften Frauen die Attraktivität ihnen gezeigter Männergesichter signifikant niedriger ein, wenn sie den ihnen dargebotene Geruch unangenehm empfanden (Körpergeruch, Gummigeruch). Angenehme Gerüche (Geranie, Männerparfüm) dagegen, hatten keinen signifikanten Einfluss auf ihre Wertung der Gesichter.

Kürzlich zeigte eine Studie, dass Gerüche die Angenehmheit von Berührung herabsetzen können (Croy, Angelo et al. 2014). Die Probanden wurden mit einem Pinsel angenehm berührt, einmal ohne Geruch, einmal mit einem unangenehmen Geruch und zuletzt mit einem angenehmen Geruch. Im Anschluss jeder Berührung sollten sie die Hedonik einschätzen. In Kombination mit dem unangenehmen Geruch werteten sie die Berührung signifikant unangenehmer als ohne oder mit dem

angenehmen Geruch. Interessant ist nun, welche Gehirnareale hier eine veränderte Aktivierung zeigen. Damit soll sich diese Studie beschäftigen.

Vorab kommen die Grundlagen hierzu.

### **1.1.2 Anatomische und physiologische Grundlagen**

Duftmoleküle erreichen das Riechepithel einerseits über einen Luftstrom durch die Nase (orthonasal), andererseits bei Nahrungsaufnahme über den Rachen (retronasal). Das Riechepithel liegt an der oberen Nasenmuschel (Concha nasalis superior), sowie an dem oberen Teil des Nasenseptums und dem Ansatz der Concha nasalis medialis (Leopold, Hummel et al. 2000; Lane, Gomez et al. 2002). Pro Seite hat es eine Größe von etwa 500 mm<sup>2</sup> (Waldeck 2005), sie nimmt jedoch mit dem Alter ab.

Die Riechschleimhaut besteht aus einem mehrreihigen Epithel, das vier verschiedene Zelltypen enthält: olfaktorische Rezeptorneuronen (ORN), Stützzellen, Basalzellen und Mikrovillarzellen. Die ca. 12-30 Mio. olfaktorischen Rezeptorneuronen sind für die Riechfunktion verantwortlich, sie liegen in der mittleren Schicht des Epithels. Es sind schlanke bipolare Zellen, deren dendritische Fortsätze in die Mukusschicht ragen. Die Fortsätze bilden kleine Verdickungen, von denen 10-20 unbewegliche Zilien entspringen, welche die Rezeptormoleküle für die Geruchsmoleküle enthalten (Hummel 2008; Klinka 2009; Lüllmann-Rauch 2012). Es handelt sich um primäre Sinneszellen, d.h. die aufgenommene Geruchsinformation wird über das Axon direkt an nachgeschaltete Zellen weitergeleitet. Die ORN sterben nach 40 bis 60 Tagen ab und müssen durch neue Zellen ersetzt werden. Die Vorläuferzellen von ihnen werden Basalzellen genannt. Sie sichern durch eine asymmetrische Teilung - eine Zellteilung, bei der zwei ungleiche Tochterzellen entstehen – eine lebenslange Regeneration des olfaktorischen Epithels (Hummel 2008). Diese Regeneration von ausgereiften Nervenzellen ist einmalig im Nervensystem, alle anderen Nervenzellen werden nur einmalig angelegt. Zwischen den ORN liegen die bipolaren Stützzellen, die sie mit Hilfe von Tight Junctions voneinander isolieren. Eine weitere Aufgabe ist die Aufrechterhaltung des Ionengleichgewichts der extrazellulären Matrix. Die vierte Zellart in der Riechschleimhaut sind die mikrovillären Zellen, die wie die ORN und Stützzellen bipolar sind und Mikrovilli besitzen. Ihre Funktion ist noch nicht vollständig geklärt, aber es ist vorstellbar, dass sie eine chemorezeptive Funktion haben (Hummel 2008; Klinka 2009).

Das Riechepithel ist von einer Mukusschicht bedeckt, die von den Bowman-Zellen produziert wird. Sie liegen in der Lamina propria und ihre Ausführungsgänge durchziehen das olfaktorische Epithel. Das visköse Sekret hat verschiedene Funktionen, wie Verhinderung der Austrocknung des Epithels, Schutz vor Infektionen und Aufrechterhaltung der Ionenbalance. Des Weiteren sind in dem Mukus

Odorant-Bindungs-Proteine enthalten, welche die Duftmoleküle reversibel binden können und so eine Anreicherung möglich machen (Hummel 2008).

Bei den Riechrezeptoren handelt es sich um Chemorezeptoren, d.h. durch chemische Stoffe werden Aktionspotenziale ausgelöst. Jede ORN exprimiert nur einen Rezeptor (Buck and Axel 1991). Insgesamt gibt es ca. 350 verschiedene Rezeptoren (Buck 2004), von denen jeder eine bestimmte Struktur oder chemische Gruppe erkennt. Komplexe Duftstoffe können auch mit verschiedenen Molekülstrukturen an mehrere Rezeptoren binden. Die Bindung eines Duftmoleküls an den Rezeptor löst eine G-Protein gekoppelte Signaltransduktionskaskade aus. Diese bewirkt über eine Aktivierung der Adenylatzyklase III einen Anstieg des cAMP. Dadurch kommt es zur Depolarisation der Zellmembran und somit zur Transduktion des chemischen Signals in ein elektrisches. Dieses wird dann über das Axon der ORN zum Bulbus olfactorius weitergeleitet (Hummel 2008).

### **1.1.3 Zentrale Weiterleitung**

Die Axone der ORN laufen in 10 bis 15 Filae olfactoriae markscheidenfrei zur Lamina cribrosa. Jedoch werden sie von den Olfactory Ensheathing Cells umgeben. Sie bieten einen gewissen Schutz und verhindern eine Fehlverschaltung der sich regenerierenden ORN. Im Bulbus olfactorius werden sie dann auf die Mitralzellen, die das zweite Neuron der Riechbahn bilden, umgeschaltet. Dabei wird durch laterale Hemmung die Geruchswahrnehmung kontrastiert. Von den Mitralzellen ziehen die Axone als Tractus olfactorius zum primären Riechhirn. Ein Großteil der Afferenzen läuft nicht durch den Thalamus. Damit ist die Riechbahn die einzige afferente Bahn, die weitgehend ungefiltert bleibt (Hummel 2008; Klinke 2009).

Die primäre Riechrinde gehört zum Allocortex, also den phylogenetisch älteren Strukturen. Dort kommt es zur Verarbeitung und Vernetzung. Zum primären olfaktorischen Kortex lassen sich der entorhinale Kortex, der piriforme Kortex, der Nucleus olfactorius anterior, das Tuberculum olfactorium und der Nucleus corticalis anterior der Amygdala zuordnen. Von dort gelangen die Signale in die sekundären olfaktorischen Areale, zu denen der orbitofrontale Kortex (OFC), die Insula, der Hippocampus, der Thalamus, der Hypothalamus und die Basalganglien gehören (Hummel 2008). Der piriforme Kortex spielt eine Rolle in der Erkennung und Wertung der Gerüche, zudem steht er mit dem Erlernen und Erinnern von Gerüchen in Verbindung (Gottfried, Deichmann et al. 2002). Der Nucleus olfactorius anterior übermittelt wahrscheinlich Informationen zwischen den beiden Bulbi olfactorii und reguliert neuronale Signale (Brunjes, Illig et al. 2005). Die Amygdala ist vor allem für emotional belegte Gerüche bedeutsam. Die wichtigste Struktur des sekundären olfaktorischen Kortex ist der OFC, der notwendig für die bewusste Wahrnehmung und Interpretation von Düften ist

(Gottfried, O'Doherty et al. 2003). Der Hippocampus spielt eine Rolle für die Gedächtnisbildung und die Verarbeitung von Emotionen (Vargha-Khadem, Gadian et al. 1997; Rolls 2010).

## **1.2 Grundlagen der Berührungswahrnehmung**

### **1.2.1 Bedeutung von Berührungswahrnehmung**

Berührung ist wichtig für die menschliche Interaktion. Berührungen zeigen Fürsorge, Sicherheit, Anerkennung und erzeugen eine Bindung zwischen Menschen (Gallace and Spence 2010). Jedoch können Berührungen auch zweideutig sein. Bei einer Berührung dringen Personen in den persönlichen Raum ein, was auch schnell als unangenehm und sexuell belästigend empfunden werden kann; statt Wohlfühlen fühlt man Angst oder Ekel.

Es wurde herausgefunden, dass langsames Streicheln, überwiegend als angenehm und beruhigend wahrgenommen wird. Das gilt für das Streicheln per Hand, aber auch das einer Maschine (Tricoli, Olausson et al. 2013), für Männer und Frauen (Loken, Wessberg et al. 2009; Croy, Angelo et al. 2014) und für Menschen verschiedenen Alters.

Jedoch kann die Hedonik einer Berührung abhängig von der Umgebung variieren: Berührung wird weniger angenehm eingeschätzt, wenn wütende Gesichter statt freundliche gezeigt werden (Ellingsen, Wessberg et al. 2014). Männer schätzen eine Berührung unangenehmer ein, wenn sie glauben, dass sie von einem unattraktiven Mann, statt einer attraktiven Frau berührt werden (Gazzola, Spezio et al. 2012) und Eincremen wird angenehmer bewertet in dem Glauben, dass es eine reichhaltige Feuchtigkeitscreme ist, statt einer normalen Creme (McCabe, Rolls et al. 2008).

### **1.2.2 Anatomische und physiologische Grundlagen**

Die Haut ist das größte Organ des Menschen und hat verschiedene Funktionen. Neben der Schutzfunktion, dem Stoffaustausch und der Regulation des Wärmehaushalts ist es ein wichtiges Sinnesorgan zur Wahrnehmung äußerer Reize wie Berührung, Druck, Schmerzen, Wärme und Kälte. Man kann die Haut in zwei Arten einteilen: die haarlose Leistenhaut an Hand- und Fußinnenflächen und die behaarte Felderhaut am Rest des Körpers. Die Leistenhaut hat im Vergleich zu der Felderhaut keine Talg- und Duftdrüsen, dafür aber umso mehr Schweißdrüsen. Sie hat eine hohe Diskriminierungsfähigkeit, aufgrund von vier verschiedenen Typen niedrigschwelliger Mechanorezeptoren, die man in schnell und langsam adaptierend einteilen kann. Zu den schnell adaptierenden Rezeptoren gehören die Merkel'schen Tastscheiben (slowly adapting I/SA I), die im Stratum basale der Epidermis liegen und Druck wahrnehmen und die Ruffini-Körperchen (SA II) aus dem Stratum papillare der Dermis, die die Dehnung der Haut messen. Die Meißner-Körperchen (rapidly-adapting/RA) im Stratum papillare der Dermis, gehören zu den schnell adaptierenden



Rezeptoren. Ihre Funktion ist die Wahrnehmung von Berührungen. Weiterhin gehören zu dieser Gruppe die auf Vibrationen spezialisierten Vater-Pacini-Körperchen (Pacinian Corpuscle/PC), die Geschwindigkeitsänderungen, bevorzugt bei Frequenzen um 300Hz, messen. Weitergeleitet werden diese Signale durch die stark myelinisierten A $\beta$ -Fasern, die Leitungsgeschwindigkeiten von 36-73m/s erreichen (Kakuda 1992).

Die Felderhaut besitzt keine Meißner-Körperchen, deren Funktion aber von Haarfollikelrezeptoren und C-Afferenzen übernommen wird. Die Dichte der myelinisierten Fasern ist in der behaarten Haut etwa gleich groß, wie in der Leistenhaut (Provitera, Nolano et al. 2007) und lange wurde davon ausgegangen, dass auch hier die Weiterleitung ausschließlich durch die markhaltigen A $\beta$ -Fasern vermittelt wird. Es gibt jedoch auch nicht-myelinisierte Fasern, die mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s die Erregungen der C-taktilen Afferenzen weiterleiten (Vallbo, Olausson et al. 1993). Die C-taktilen Zellen sind besondere Rezeptoren, die auf schmerzlose, mechanische Reize reagieren und am stärksten durch angenehme Berührung aktiviert werden (Olausson, Lamarre et al. 2002). Es wurde festgestellt, dass die CT-Zellen vor allem auf Geschwindigkeiten von 1-10 cm/s (Loken, Wessberg et al. 2009) und bei einer Temperatur von etwa 30°C reagieren (Ackerley, Backlund Wasling et al. 2014). Mithilfe der Mikroneurografie zeigte sich ein umgekehrtU-förmiger Zusammenhang von Stimulationsgeschwindigkeit und Feuerungsrate, der einen optimalen Wert bei ca. 3 cm/s abbildeten. Zudem zeigte sich ein linearer Zusammenhang zwischen der Feuerungsrate und der Hedonik. Vergleichend dazu stiegen bei myelinisierten Fasern mit höheren Geschwindigkeiten die Feuerungsraten immer weiter an und somit gab es auch keinen linearen Zusammenhang mit den Hedonikratings.

Interessanterweise wurde festgestellt, dass Menschen, mit einer geringeren Dichte von C-Fasern, Berührung als weniger angenehm wahrnehmen (Morrison, Loken et al. 2011). Dies zeichnet C-taktile Fasern also als Detektoren für angenehme Berührungen aus.

### **1.2.3 Zentrale Verarbeitung**

Die kutane Mechanorezeption wird über die Hinterstrangbahnen Fasciculus gracilis und cuneatus in das zentrale Nervensystem (ZNS) geleitet. Die Reize laufen von den Rezeptoren zum Spinalganglion, wo sie auf das erste Neuron umgeschaltet werden. Die Axone des ersten Neurons laufen ungekreuzt in die untere Medulla oblongata und erst dort werden sie im Nucleus gracilis bzw. cuneatus auf das 2. Neuron umgeschaltet. Im Hirnstamm kreuzen sie dann und ziehen als Bestandteil des Lemniscus medialis in den Thalamus, wo sie im Nucleus posterolateralis auf das 3. Neuron umgeschaltet werden. Von dort weiter in den Gyrus postcentralis, wo sich der somatosensorische Kortex befindet. Im primären somatosensorischen Kortex (Area 1, 2, 3) wird neben der Mechanorezeption auch die Propriozeption verarbeitet. Daneben befindet sich der sekundäre somatosensible Kortex (Area 3, 40), in

dem die Interpretation und das Verständnis der Reize stattfinden. Beide Bereiche sind somatotopisch gegliedert (Trepel 2011).

### **1.3 Funktionelle Magnetresonanztomographie**

#### **1.3.1 Grundlagen der Magnetresonanztomographie**

Die Magnetresonanztomographie (MRT), auch Kernspintomographie genannt, ist ein bildgebendes Verfahren, dass anatomische Schnittbilder ohne Verwendung von ionisierender Strahlung erzeugt. Es basiert auf dem Prinzip der Kernspinresonanz. Diese beruht darauf, dass Atomkerne mit ungerader Protonen- oder Neutronenzahl (wie Wasserstoffkerne) über einen Spin (Eigendrehimpuls) und somit einen magnetischen Moment verfügen. In einem starken Magnetfeld ordnen sich die magnetischen Dipole parallel bzw. antiparallel zur Feldrichtung an und führen eine Präzessionsbewegung aus, die vergleichbar mit der Bewegung eines Kreisels ist. Durch senkrecht zur Magnetfeldrichtung gesendete Hochfrequenzimpulse werden die Atomkerne angeregt, das heißt auf ein höheres Energieniveau gebracht und ihre Drehbewegung synchronisiert. Nach einer bestimmten Zeit, sinken die Atomkerne wieder auf ihr ursprüngliches Energieniveau, was als Relaxation bezeichnet wird. Ihre abgegebene Energie kann gemessen und für die Bildgebung genutzt werden. Es gibt zwei Arten der Relaxation: Bei der Längs- bzw. Spin-Gitter-Relaxation (T1) kehren die Kerne durch Zusammenstöße mit umliegenden Atomen in den Grundzustand der Längsmagnetisierung zurück. In Gewebe mit vielen „Gittern“ in der Umgebung, also relativ dichte Stoffe, können die Kerne schneller den Spinzustand wechseln, deshalb erscheinen sie in der T1-Wichtung hell (z.B. Fettgewebe). Bei der Quer- bzw. Spin-Spin-Relaxation (T2) kommt es durch die Interaktion mit anderen Spins zu einem Zerfall der Quermagnetisierung, die sich durch den Hochfrequenz-Impuls gebildet hat. Hier reagieren die Gewebe anders als in der T1-Relaxation. Gewebe, die die Quermagnetisierung relativ lange aufrechterhalten können wie z.B. Liquor, stellen sich hell dar, Gewebe, bei denen die Quermagnetisierung schnell zerfällt, wie z.B. Knochen, sind dunkel. Die Zeit zwischen den Anregungen wird als Repetitionszeit (TR) und die Zeit zwischen Anregung und Signalaufnahme als Echozeit (TE) bezeichnet.

Die entstandenen Bilder bestehen aus Voxeln. Diese dreidimensionalen Bildpunkte entsprechen dem Pixel im zweidimensionalen Bild. Je mehr Voxel ein Bild enthält, desto größer ist die Auflösung und desto besser sind die einzelnen Strukturen zu beurteilen. Allgemein lassen sich mit der MRT eine hohe Bildauflösung und ein guter Weichteilkontrast erreichen. Ein weiterer Vorteil ist die fehlende Strahlenbelastung. Negative Aspekte sind die lange Aufnahmedauer und eine hohe Lärmbelastung während der Aufnahme, die zusammen mit dem Platzmangel Panik auslösen kann. Metallteile im

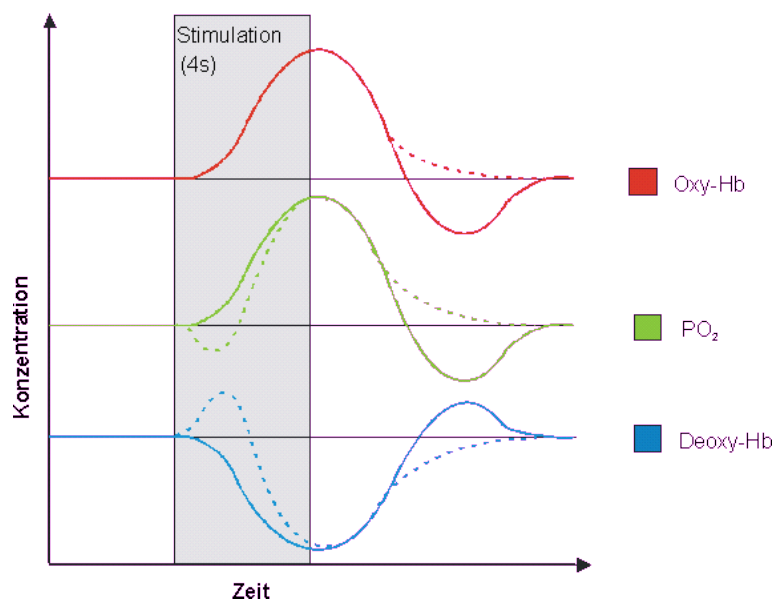
Körper sind kontraindiziert, da diese dislozieren können und es durch starkes Erhitzen im Magnetfeld zu Verbrennungen kommen kann.

Die Magnetresonanztomographen besitzen üblicherweise eine magnetische Flussdichte von 1,5 bis 3 Tesla.

### 1.3.2 Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) dient zur indirekten Darstellung neuronaler Aktivierungen. Die Grundlage ist der BOLD-Kontrast (blood oxygenation level dependent), also die Abhängigkeit des Signals von dem Sauerstoffgehalt des Blutes. Oxygeniertes Hämoglobin besitzt andere magnetische Eigenschaften als desoxygeniertes Hämoglobin. Wenn bestimmte Gehirnareale durch einen Reiz aktiviert werden, steigt dort der Verbrauch von Sauerstoff. Folglich steigt in diesen Bereichen der regionale cerebrale Blutfluss, um mehr oxygeniertes Hämoglobin heranzutransportieren. Durch den Verbrauch entsteht auch desoxygeniertes Hämoglobin. Jedoch ist der relative Anteil von oxygeniertem Hämoglobin deutlich größer als von desoxygeniertem Hämoglobin. Diese Bereiche können mit Hilfe des BOLD-Kontrasts werden in einem Magnetresonanztomographen dargestellt werden.

Zwischen der neuronalen Aktivierung und der Durchblutungszunahme liegt eine Latenzzeit von 1-2 Sekunden (Ogawa, Lee et al. 1990). Erst nach 4-6 Sekunden folgt das Maximum. Deswegen müssen die abwechselnden Phasen von Stimuli und Pausen eine gewisse Länge haben.



Das kommt weg oder ich male es nochmal

#### Abbildung 1: Zeitlicher Verlauf des BOLD-Effektes (entnommen aus (Leithner 2003))

Ein bis zwei Sekunden nach Beginn der Stimulation steigt das oxygenierte Hämoglobin (Oxy-Hb) und der Partialdruck des Sauerstoffs (PO<sub>2</sub>) an. Dem gegenüber erfolgt ein Abfall von desoxygeniertem Hämoglobin (Deoxy-Hb).

Der dargebotene Reiz wird mehrmals wiederholt und dessen Anreicherungen gemittelt. Mit speziellen Programmen wie z.B. SPM (Statistical Parametric Mapping, Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London) können dann durch den Vergleich von Ruhe- und Reizphase die aktivierten Areale ermittelt und dargestellt werden.

Für die funktionellen Aufnahmen wird deutlich weniger Zeit benötigt, jedoch ist die Auflösung schlechter als bei strukturellen MRT-Aufnahmen. Deswegen wird zu den funktionellen Scans zusätzlich noch eine strukturelle Aufnahme gemacht, um mittels Bildfusion bestimmte Bereiche genau ermitteln zu können.

### **1.3.3 Geruchssinn in der fMRT**

Mit dem fMRT lassen sich durch Duftreize verschiedene Gehirnareale darstellen, die bei der Verarbeitung von olfaktorischen Signalen aktiv sind. Die Hirnareale der Geruchsverarbeitung sind der Bulbus olfactorius, der primäre olfaktorische Kortex (primäre Riechrinde) und die sekundären olfaktorischen Areale, zu denen der orbitofrontale Kortex (OFC), die Insula, der Hippocampus, der Thalamus, der Hypothalamus und die Basalganglien gehören. Aktivierungen im Bulbus olfactorius und in der primären Riechrinde lassen sich in einigen Studien nicht darstellen, da die Aktivierungszeit in diesen Bereichen sehr kurz ist (Zald and Pardo 2000; Poellinger, Thomas et al. 2001). Es ist auch möglich, dass in diesen Bereichen durch reines Schnüffeln ohne Duftgabe ein Signal ausgelöst wird (Poellinger, Thomas et al. 2001). In den sekundären olfaktorischen Arealen ist die Aktivierung langandauernder und somit besser messbar (Poellinger, Thomas et al. 2001). Aktivierungen lassen sich gut im OFC, dem Ort der bewussten Wahrnehmung der Gerüche, darstellen. Er wird häufiger in der rechten Gehirnhälfte stärker aktiviert als in der linken (Zald and Pardo 1997; Royet, Zald et al. 2000; Zald and Pardo 2000)

Desweiteren werden häufig die Insula anterior, der Hippocampus, der Thalamus, die Amygdala, sowie Gebiete des frontalen und temporalen Kortex aktiviert (Hummel, Fließbach et al. 2010).

Bei der Differenzierung von angenehmen und unangenehmen Gerüchen lässt sich feststellen, angenehme Gerüche stärkere Aktivierungen auslösen, als unangenehme (Hummel, Fließbach et al. 2010). Des Weiteren wurde festgestellt, dass unangenehme Gerüche überwiegend den lateralen OFC und den inferioren präfrontalen Kortex aktivieren. Bei angenehmen Gerüchen hingegen sind vorwiegend der mediale OFC und der ventromediale präfrontale Kortex aktiv (Rolls, Kringelbach et al. 2003).

#### **1.3.4 Berührungsreize in der fMRT**

Somatosensible Reizung führt zu einer Erregung des primären (S1) und des sekundären somatosensorischen Kortex (S2). Dabei wird S1 vorwiegend kontralateral und S2 bilateral aktiviert. Die spezifischen aktivierten Areale hängen aber davon ab, welche Art somatosensorischer Stimulation angewendet wird. Neutrale und diskriminative Berührungen aktivieren stärker den somatosensorischen Kortex, hingegen wird durch angenehme (emotionale) Berührungen mehr Aktivität im OFC ausgelöst (Francis, Rolls et al. 1999; Rolls, O'Doherty et al. 2003). In einer weiteren Studie wurde zwischen angenehmer und schmerzhafter Berührung unterschieden, die unterschiedliche Bereiche des OFC aktivieren. Schmerz aktiviert den Cortex cingularis dorsalis und ein angenehmer Reiz den CC rostralis anterior (Rolls, O'Doherty et al. 2003). Der CC rostralis anterior ist auch bei anderen positiven Stimuli, wie warmer Temperatur, angenehmer Geschmack und Texturen von Speisen zu finden (Guest, Grabenhorst et al. 2007; Rolls 2008; Grabenhorst, Rolls et al. 2010; Rolls 2010). Man könnte ihn also als Anzeiger angenehmer Reize definieren.

Die CT-Fasern in der behaarten Haut, die durch Streicheln mit leichtem Druck angeregt werden aktivieren die Insula posterior (Olausson, Lamarre et al. 2002; Loken, Wessberg et al. 2009), die eine wichtige Rolle in der emotionalen Verarbeitung spielt (Craig 2009).

#### **1.4 Hypothesen**

In der eingangs erwähnten Studie (siehe 1.1.1) wurde durch einen unangenehmen Geruch die Hedonik der Berührung herabgesetzt (Croy, Angelo et al. 2014). Gerüche sind also im Stande, die psychophysische Verarbeitung von Berührung zu verändern. Somit ist zu erwarten, dass Gerüche die Berührungsverarbeitung auch auf neuronaler Ebene modulieren.

#### **Der nach Fäkalien riechende Geruch Civette löst eine andere neuronale Aktivierung aus als die Kontrolle**

Es wird erwartet, dass Civette und der Kontrollgeruch sich in der Aktivierung bestimmter Gebiete unterscheiden. Beide Gerüche werden den OFC aktivieren. Hedonisch unterschiedliche Gerüche aktivieren jedoch unterschiedliche Gebiete des OFC, unangenehme Gerüche aktivieren vor allem den lateralen und angenehme eher den medialen OFC (Rolls, Kringelbach et al. 2003). Desweiteren ist bei Civette eine Aktivierung in der Amygdala zu erwarten, da sie besonders durch negative bewertete Einflüsse angeregt wird (Garavan, Pendergrass et al. 2001; Hamann and Mao 2002; Winston, Gottfried et al. 2005). Die Insula anterior könnte bei beiden Gerüchen aktiviert werden. Sie ist bei Ekel aktiv (Heining, Young et al. 2003; Seubert, Kellermann et al. 2010), aber auch bei angenehmen

Düften (Rolls, Kringelbach et al. 2003). Es ist auch zu erwarten, dass der Hippocampus, der Thalamus aktiv sind, wahrscheinlich bei beiden Gerüchen.

### **Der Einfluss von Civette verändert die neuronale Verarbeitung der Berührung**

Die primären Verarbeitungsareale für angenehme Berührung sind der primäre und sekundäre somatosensorischen Kortex und die Insula posterior. Es ist also zu vermuten, dass sich in einem oder mehrerer dieser Gebiete die Aktivierung bei der Berührung mit dem Civettegeruch verändert. Es wird also angenommen, dass sich ein signifikanter Unterschied in den Aktivierungen Berührung+Civette versus Berührung+Rose zeigt.

Explorativ soll untersucht werden, ob die Geruchs- und Berührungsverarbeitung mit der Wichtigkeit von Geruch bzw. Berührung im Alltag und dem Ekelempfinden zusammenhängt.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Probanden- und Teilnahme-kriterien

Die Studie wurde für gesunde, rechtshändige Männer und Frauen mit normaler Riechfunktion im Alter von 18 und 40 Jahren ausgeschrieben. Das Alter wurde beschränkt, da mit zunehmendem Alter das Riechepithel von respiratorischen und olfaktorisch-dysplastischen Arealen unterbrochen wird (Jafek, Murrow et al. 2002) und somit die olfaktorische Funktion abnimmt. Weiterhin wurde auf Rechtshändigkeit wertgelegt, da es bei Geruchsstimulation Unterschiede in der Aktivierung der Insel zwischen Rechts- und Linkshändern gibt (Royet, Plailly et al. 2003).

Alle Probanden wurden auf Normosmie mit dem Identifikationstest der Sniffin-Sticks überprüft (siehe 2.2). Des Weiteren wurde mit dem Becks-Depressions-Inventar (Hautzinger 1994) (siehe Abb. 28) eine Depression ausgeschlossen, da bei Depressiven der Geruchssinn deutlich vermindert ist. Das liegt einerseits an einer verminderten Anzahl von pluripotenten Zellen im Mesencephalon, andererseits an einem reduzierten Volumen des Bulbus olfactorius, das mit der Stärke der Depression abnimmt (Negoias, Croy et al. 2010).

Ausschlusskriterien waren eine Schwangerschaft, gesundheitliche Beeinträchtigungen, die mit Störungen der Riechfunktion einhergehen können (z.B. Diabetes mellitus, M. Parkinson, Niereninsuffizienz), Personen mit akuten oder ausgeprägten chronischen Entzündungen der Nase und Nasennebenhöhlen und Personen mit relevanten Vor- bzw. Begleiterkrankungen im HNO-Bereich. Da die Probanden im MRT untersucht werden sollten, wurden auch Probanden mit Metallimplantate im Körper, Klaustrophobie und ausgeprägte Tätowierungen im Kopfbereich ausgeschlossen.

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte im September und Oktober 2013. Bei einem ersten Treffen wurden sie sowohl mündlich als auch schriftlich darüber aufgeklärt, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig ist und sie jederzeit ausscheiden können. Weiterhin bestätigten sie die Teilnehmerkriterien (siehe Abb. 23) und willigten ein, dass, falls Auffälligkeiten in der MRT-Untersuchung festgestellt werden sollten, sie darüber informiert werden dürfen. Sie wurden auf Normosmie überprüft und füllten den Anamnesebogen (siehe Abb. 24) und die Fragebögen aus. Des Weiteren wurde ein Probedurchlauf durchgeführt, in dem die Probanden in einem nachgestellten MRT schon einmal die Gerüche, die sie über das Olfaktometer bekamen, und die Berührung einschätzen. Somit konnte eine stark ausgeprägte Klaustrophobie ausgeschlossen, die Probanden auf den Ablauf in der MRT vorbereitet und die Qualität der Gerüche eingeschätzt und verbessert werden.

Von den anfangs 23 Probanden wurden die Daten von 20 Probanden einbezogen, davon zwölf männliche und acht weibliche, im Alter von 21 bis 37 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 24 Jahre ( $SD \pm 3,6$  Jahre). Ein Proband schied wegen einer Infektion des Respirationstrakts aus. Zwei

Probanden wurden ausgeschlossen, weil sie bei einem der beiden Gerüche eine Intensität von null angaben, und somit eine normale Wahrnehmung der Gerüche nicht gewährleistet war.

Die Studie wurde entsprechend der Deklaration von Helsinki durchgeführt und sowohl durch die Ethikkommission der Universität Göteborg (Projekttitle: Faktor som påverkar behaglig beröring - Dnr: 911-12) als auch der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden (Projekttitle: Einfluss von Gerüchen auf Berührung - EK 194062013) geprüft.

Alle Probanden bekamen ein Honorar von 12 Euro pro Stunde.

## **2.2 Sniffin-Sticks-Diskriminationstest**

Als Screeningstest zur Feststellung von Normosmie wurde der Diskriminationstest aus dem sogenannten erweiterten Test der Sniffin-Sticks (Hummel, Sekinger et al. 1997) verwendet. Es handelt sich dabei um 16 Stifte mit Kunststoffkappe, die verschiedene gesundheitlich unbedenkliche Gerüche beinhalten. Die Stifte werden den Probanden für etwa zwei Sekunden einen Zentimeter unter die Nase gehalten und sie müssen sich dann aus einer Liste mit vier vorgegebenen Antwortmöglichkeiten entscheiden. Es ist darauf zu achten, dass der Untersucher kein Parfüm verwendet und keine Hilfestellung gibt. Es wurden Probanden mit mindestens 11 von 16 richtigen Antworten in die Studie eingeschlossen.



**Abbildung 2: „Sniffin-Sticks“**  
*16 Riechstifte mit Antwortheft*



## **2.3 verwendete Fragebögen**

### **2.3.1 Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung**

Zur Erfassung der individuellen, subjektiven Bedeutung von Gerüchen wurde der Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung (Croy, Buschhüter et al. 2010) (siehe Abb. 25) genutzt. Er besteht aus 20 Fragen, die sich in 3 Subkategorien mit je 6 Fragen gliedern lassen:

(1) Assoziationsskala: Diese Skala geht auf die unterbewusste Bedeutung von Gerüchen ein, die durch die enge Verbindung zwischen Riechhirn und limbischen System sehr schnell und automatisch abläuft. Sie spiegelt sich in Erinnerungen, Gefühlen und Bewertungen wieder (z.B. „Bestimmte Gerüche lösen bei mir sofort eine Menge von Erinnerungen aus.“).

(2) Anwendungsskala: Sie geht auf die Bedeutung von Gerüchen und den Umgang mit ihnen in verschiedenen Alltagssituationen ein (z.B. „Ich schnuppere an Speisen, ehe ich sie esse.“).

(3) Konsequenzskala: Hier wird getestet, wie sehr Gerüche für bestimmte Entscheidungen und Schlussfolgerungen im Alltag relevant sind (z.B. „Wenn der Geruch eines Shampoos mir nicht gefällt, kaufe ich es nicht.“).

Zusätzlich gibt es noch 2 Fragen einer Lügenskala, bei der Probanden herausgefiltert werden, die die Tendenz zeigen, die Bedeutung des Riechens zu überschätzen z.B. aufgrund eines verminderten Riechvermögens und somit im Fragebogen Falschaussagen treffen (z.B. „Es ist mir wichtiger, riechen zu können, als sehen oder hören zu können.“). Diese Fragen wurden nicht in die Wertung einbezogen, da nur Probanden betrachtet werden, die ein gutes Riechvermögen besitzen.

Die Probanden sollen entscheiden, wie sehr sie mit den Aussagen übereinstimmen (3=Trifft vollkommen zu, 2=Trifft überwiegend zu, 1=trifft eher nicht zu, 0=trifft überhaupt nicht zu“). Pro Aussage werden maximal 3 Punkte vergeben. Da nur die Fragen der Assoziations-, Anwendungs- und Konsequenzskala verwendet werden, können insgesamt maximal 54 Punkte erreicht werden.

### **2.3.2 Fragebogen zur Empfindung von Körperkontakt**

Um einschätzen zu können, wie die Probanden Körperkontakt wahrnehmen, wurde der ins Deutsche übersetzte „Social touch questionnaire“ verwendet (Wilhelm, Kocher et al. 2001) (siehe Abb. 27). Er besteht aus 20 Aussagen über Emotionen und Bewertungen auf Berührungen im Alltag, die verschiedene Qualitäten abdecken: Andere berühren und Berührung erhalten, Berührungen von vertrauten und fremden Personen, Berührungen in der Öffentlichkeit und im Privaten, Berührungen mit und ohne sexuellen Bezug. Die Probanden müssen auf einer Skala von 0 bis 4 entscheiden, wie sehr sie mit den Aussagen übereinstimmen (0=trifft gar nicht zu, 1=trifft eher nicht zu, 2=trifft mäßig zu, 3=trifft eher zu, 4=trifft voll zu). Eine Hälfte der Aussagen ist positiv gepolt (z.B. „Ich schätze mich selbst als eine körper-/gefühlsbetonte Person ein.“), die andere Hälfte ist negativ gepolt (z.B. „Ich fühle mich unwohl, wenn mich jemand, den ich nicht gut kenne, umarmt.“). Somit werden 10 der

Fragen entgegengesetzt bewertet. Es sind maximal 80 Punkte zu erreichen. Versuchsteilnehmer mit hohen Punktzahlen, bewerten Berührung im Alltag als besonders wichtig.

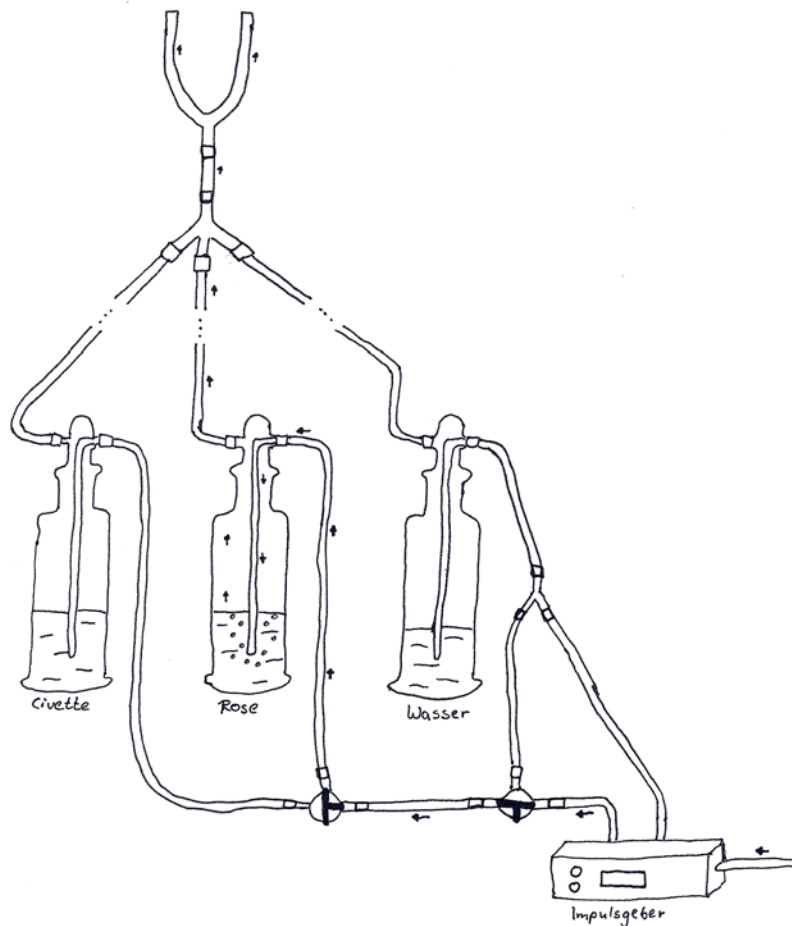
### **2.3.3 Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit**

Der Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit (FEE) (Schienle 2002) (siehe Abb. 26) wurde genutzt, um die Wahrnehmung von unangenehmen Gerüchen einzuschätzen. Er besteht aus 37 Items, die sich in fünf Kategorien gliedern lassen: Tod (z.B. „Sie fassen den Totenschädel eines Menschen an.“), Körperrausscheidungen (z.B. „Während Sie durch eine Bahnunterführung gehen, riechen Sie Urin.“), Hygiene (z.B. „Sie beobachten, wie sich eine Person nach dem Gang zur Toilette nicht die Hände wäscht.“), Verdorbenes (z.B. „Sie sind gerade dabei, ein Glas Milch zu trinken als Sie riechen, daß sie verdorben ist.“) und orale Abwehr (z.B. „ Sie probieren, Affenfleisch zu essen.“). Die Probanden müssen auf einer Skala von 0 bis 4 bewerten, wie widerwärtig sie die unterschiedlichen Aussagen finden, womit am Ende maximal 148 Punkte erreicht werden können.

## 2.4 Aufbau des Olfaktometers

Genutzt wurde ein Olfaktometer, das aus drei Flaschen mit unterschiedlichen Komponenten, einem Schlauchsystem, Dreiwegehähnen und einem dazwischengeschalteten Trigger bestand (siehe Abb. 4). In den Flaschen befanden sich als wohlriechender Duft Rose, als unangenehmer Geruch Civette (riecht nach Fäkalien) und destilliertes Wasser, um Geruchsneutralität zwischen den Stimuli herzustellen. Der Geruchsdarbietung von zwei Sekunden folgte eine Pause von einer Sekunde, um eine schnelle Habituation zu vermeiden. Der Luftfluss betrug zwischen 400 und 800 ml/min pro Nasenloch.

Das Olfaktometer wurde per Hand bedient. Mit einem Computerprogramm wurde angezeigt, zu welchem Zeitpunkt die Geruchsreizung stattfinden soll.



**Abbildung 3: Aufbau des Olfaktometers**

*Der Impulsgeber schaltet zwischen 2s Geruch und 1s geruchslosem Wasser. Mit Hilfe der*

## **2.5 Verwendete Gerüche**

Für die Auswahl der Gerüche war ausschlaggebend, dass ein Geruch deutlich unangenehmer und ekliger als der andere ist. Sie wurden angelehnt an eine vorherigen Studie ausgewählt, in der auch der Zusammenhang von Geruch und Berührung untersucht wurde (Croy, Angelo et al. 2014). Für den unangenehmen Geruch wurde das nach Fäkalien riechende Civette und für den Kontrollgeruch der Duft Rose verwendet. Beide wurden von Firmenich (Genf, Schweiz) bereitgestellt. Gelöst waren die Gerüche in 1,2-Propandiol, Civette in 5%iger Verdünnung und Rose in 10%iger Verdünnung, um bei beiden Gerüchen etwa gleiche Intensität zu erreichen.

## **2.6 Berührung**

Zum Berühren der Probanden wurde ein weicher Ziegenhaarpinsel mit einer Breite von 5 cm verwendet, der per Hand über den rechten Unterarm, also behaarte Haut gestrichen wurde. Über zwei Bildschirme wurde eine Präsentation abgespielt, um sicherzustellen, dass die Berührung und die Gerüche simultan präsentiert werden. Es wurde versucht die Berührung mit einem Druck von etwa 0,4N und eine Geschwindigkeit von ca. 3 cm/s darzubieten. Bei dieser Geschwindigkeit haben die CT-Afferenzen die größte Feuerungsrate (Loken, Wessberg et al. 2009). Das Streicheln in dieser Weise ist vergleichbar mit dem Streicheln durch einen Roboter (Tricoli, Olausson et al. 2013).

## 2.7 fMRT

Die MRT-Untersuchung wurde im Universitätsklinikum Dresden in einem 3-Tesla-MR-Scanner (Trio; Siemens Medical, Erlangen, Germany) durchgeführt. Die Studienteilnehmer waren darüber aufgeklärt, zwei Stunden vor der MRT nicht zu rauchen, zu essen und nichts anderes als Wasser zu trinken. Außerdem sollten sie den Abend vorher keinen Alkohol getrunken haben. Diese Kriterien wurden vor dem Scan abgefragt und im Kurzanamnesebogen dokumentiert. Weiterhin erfolgte eine spezielle Aufklärung zur MRT-Untersuchung und Kontraindikationen, wie Metallimplantate, Schwangerschaft usw., mussten ausgeschlossen werden. Es folgte eine korrekte Lagerung und das Olfaktometer wurde positioniert. Begonnen wurde mit den funktionellen Aufnahmen jeweils 26 Schnitten mit einer Matrix aus 64x64 Voxeln und einer Auflösung (Voxelgröße) von 3x3x3,75mm. Als technische Parameter betrugen die TE (Echo Time) 30ms, die TR (Repetition Time) 2,5 s und die FA (Flip angle) 90°. Ihnen voran gestellt wurde eine Shim-Sequenz zur Homogenisierung des Magnetfeldes. Es gab fünf Durchläufe, auch Runs genannt, mit den verschiedenen Parametern: Civette, Rose, Berührung, Berührung + Civette und Berührung + Rose. Die Durchläufe wurden randomisiert, indem die Gruppen Duft und Berührung getauscht wurden und auch innerhalb der Gruppen die Reihenfolge der Parameter verändert wurden (siehe Abb. 5). Die Studie wurde in einem Block-Design durchgeführt. So gab es in jedem Run einen Wechsel zwischen jeweils 12 ON-Blöcken, in denen den Probanden Geruch bzw. Berührung dargeboten wurde, und 12 OFF-Blöcken, in denen keine Stimulation stattfand. Ein Block, mit einer Dauer von 15 Sekunden, beinhaltet fünf Scans, sodass es pro Run (400ms) 120 Scans gibt (siehe Abbildung 6). Während dieser funktionellen Aufnahmen sollten die Studienteilnehmer mit dem velopharyngealen Verschluss atmen. Dabei wird der Nasopharynx durch das Gaumensegel verschlossen und die Luft nur durch den Mund ein- und ausgeatmet. Das soll verhindern, dass durch das Ausatmen durch die Nase während der Geruchspräsentation keine oder nur wenige Duftmoleküle zur Riechschleimhaut gelangen, was zu einer verminderten Aktivierung der olfaktorischen Gehirnareale führen würde.



Nach jedem Run mit Duft sollten die Probanden die Hedonik (-5 bis +5), die Intensität (0 bis 10) und den Ekel (0 bis 10) einschätzen. Desweiteren sollte nach jeder Berührung die Hedonik (-5 bis +5) und die Intensität (0 bis 10) bewertet werden.

Im Anschluss daran wurde eine strukturelle Sequenz gefahren, um die genauen anatomischen Strukturen zu erhalten (224 Schichten, Matrix: 352x384 Voxeln, Auflösung: 0,7x0,7x1mm, TR: 2,2s, TE: 3,93ms, FA: 15°). Diese Bilder wurden von den Fachärzten der Neuroradiologie begutachtet, um eventuelle Pathologien zu erkennen und den Probanden in diesem Falle mitteilen zu können. Insgesamt waren die Probanden ca. eine Stunde in dem MRT. Alle Scans liefen komplikationslos ab.

## **2.8 Datenauswertung**

Die Auswertung der MRT-Daten erfolgte mit dem Programm SPM8 (Statistical Parametric Mapping, Version v4667, Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London) auf der Oberfläche Matlab R2007b (Math Works Inc., Natick, MA, USA). Die Bearbeitung der Daten erfolgte nach einer standardisierten Abfolge: Im ersten Schritt mussten die ursprünglichen Daten im DICOM-Format in das NIFTI-Format konvertiert werden, um sie in SPM bearbeiten zu können. Darauf folgte das Sortieren der Datensätzen und das Zuordnen zu den einzelnen Runs, sowie das Aussortieren der „dummy scans“ und die Nullpunktkorrektur auf die Commissura anterior. Es folgte das sogenannte Preprocessing, also die Vorbearbeitung der Daten, an deren Ende korrigierte, geglättete und standardisierte Daten stehen. Begonnen wurde mit dem „Realign“ zur Korrektur von linearen und rotierenden Bewegungsartefakte in den funktionellen Bildern. Nur drei der Probanden hatten eine Abweichung von >2mm bzw. >1°, welche korrigiert wurden. In der darauf folgenden „Coregistrierung“ wurden dann die strukturellen Referenzbilder den funktionellen Daten angepasst. Der nächste Schritt war das Segmentieren der funktionellen Bilder, d. h. die Zerlegung in die weiße und graue Substanz. Beim „Normalise“ wurden die Bilder an Normdaten, also an ein Standardgehirn, angepasst, um so ein vergleichbares Resultat zu erhalten und die Aktivierungen bestimmter Gehirnareale besser zuordnen zu können. Der letzte Schritt des „Preprocessing“ war das Smoothing, also das Glätten der Daten. Es wurde sowohl ein Gaussian Kernel von 6x6x6 als auch von 8x8x8 genutzt. Bei diesem Prozess werden benachbarte Voxel verknüpft, sodass ein kontrastarmes Bild zustande kommt, wodurch der Signal-Rausch-Abstand verbessert und Pixelfehler unterdrückt werden.

Im Anschluss daran folgte die Statistik für die individuellen Daten (first level), die mit beiden Datensätzen (mit Smoothing-Faktor 6 und 8) durchgeführt wurden. Dabei wird das Design definiert und Daten zu den verschiedenen ON- und OFF-Blöcken zugewiesen. Es wurde ein High-pass-filter von 128 Hz genutzt.

Die Gruppenstatistik (second level) erfolgte in einem Full factorial-Design, dass für beide im first level erhaltene Datensätze durchgeführt wurde. Dabei wurden die bearbeiteten individuellen Daten anhand eines Kreuzschemas eingeordnet (siehe Abb. 7). Als erster Faktor wurde der Geruch betrachtet und die jeweilige Bedingung (kein Geruch, Civette oder Rose) mit einer Zahl (1 bis 3) versehen. Auch der zweite Faktor Berührung wurde Zahlencodiert (1-keine Berührung; 2-Berührung). So konnte jede Bedingung mit dem jeweils kombinierten Zahlencode definiert werden.

Geruch	Kein Geruch (1)		Civette (2)		Rose (3)	
Berührung	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja
Nein/Ja	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Kategorie?	/	Berührung (1,2)	Civette (2,1)	T+C (2,2)	Rose (3,1)	T+C (3,2)

#### Abbildung 6: Kreuzschema zur Datenverarbeitung

*Jede Geruchsbedingung (kein Geruch, Civette, Rose) wird mit einer Zahl versehen und mit den Zahlen für die Berührungsbedingung (keine Berührung, Berührung) zu einem Zahlencode für die einzelnen Bedingungen kombiniert.*

Im Ausgabemenü wurden dann die verschiedenen Kontraste definiert.

Nach dem Vergleich beider Datensätze (Gaussian-Kernel 6x6x6 und 8x8x8) wurde der mit Faktor 8 verwendet, da dort die taktilen Aktivierungscluster besser abgegrenzt waren. Mit Faktor 6 waren die Bilder durch viele kleine Strukturen unübersichtlicher, bei den aktivierten Arealen gab es jedoch kaum Unterschiede.

Für die Veranschaulichung der Ergebnisse wurde ein Signifikanzniveau von  $p < 0.001$  und ein Cluster-Level von 3 Voxeln gewählt. Sie wurden auf ein schematisches Gehirn („glass brain“) projiziert. Für eine bessere Anschaulichkeit konnten die Aktivierungen mit einem T1-gewichteten Standardgehirn („Single Subject“) aus dem SPM-Inventar hinterlegt werden. Für eine Schnittbildansicht konnten einzelne Aktivierung mit der Funktion „slover('basic\_ui')“ kontrastiert zum „Single Subject“-Gehirn dargestellt werden. Zum Überblick über die gesamten Aktivierungen wurde die Anatomy-Toolbox verwendet.



Außerdem wurden Small Volume-Korrekturen mit Masken für die olfaktorischen Areale (olfaktorischer Kortex, orbitofrontaler Kortex, Amygdala, anteriore Insel, piriformer Kortex, Hippocampus, Thalamus, Kortex piriformis) und die somatosensorische Areale (S1, S2, Insula posterior) durchgeführt.

Die Masken für S1 wurden aus den Brodmann-Arealen 1, 2 und 3b nach (Eickhoff, Grefkes et al. 2008) definiert, die pro Seite  $19.497\text{mm}^3$  groß waren. Die S2-Masken umfassten die Regionen 1, 3 und 4 des Operculum parietale nach (Eickhoff, Grefkes et al. 2007; Eickhoff, Jbabdi et al. 2010), sie waren pro Seite  $11.655\text{mm}^3$  groß. Beide Regionen wurden mit der Anatomy Toolbox (Eickhoff, Stephan et al. 2005) in SPM 8 gebaut. Die Insula posterior wurde nach (Ellingsen, Wessberg et al. 2013) definiert und hatte eine Größe von  $1.392\text{mm}^3$ .

Die Amygdala ( $9.046\text{mm}^3$ ), der Hippocampus ( $32.207\text{mm}^3$ ) und der Thalamus ( $28.415\text{mm}^3$ ) wurden aus dem AAL-Atlas (Tzourio-Mazoyer, Landeau et al. 2002) im WFU PickAtlas 2.4 (Maldjian, Laurienti et al. 2003) definiert. Der Kortex piriformis ( $516\text{mm}^3$ ) wurde nach den Kriterien von (Zelano, Bensafi et al. 2005) im MRICron Programm (Rorden, Karnath et al. 2007) erstellt. Für die Maske der Insula anterior wurden die funktionelle Insula anterior dorsalis und anterior ventralis von (Kelly, Toro et al. 2012) verwendet. Diese Masken wurden definiert und heruntergeladen von [http://fcon\\_1000.projects.nitrc.org](http://fcon_1000.projects.nitrc.org). Der olfaktorische orbitofrontale Kortex wurde definiert als ein Kreis mit einem Durchmesser von 8mm um die Maxima der olfaktorischen Aktivierung aus einer Metaanalyse von (Gottfried and Zald 2005). Die Masken für beide Seiten wurden mit dem WFU PickAtlas 2.4 (Maldjian, Laurienti et al. 2003) erstellt.

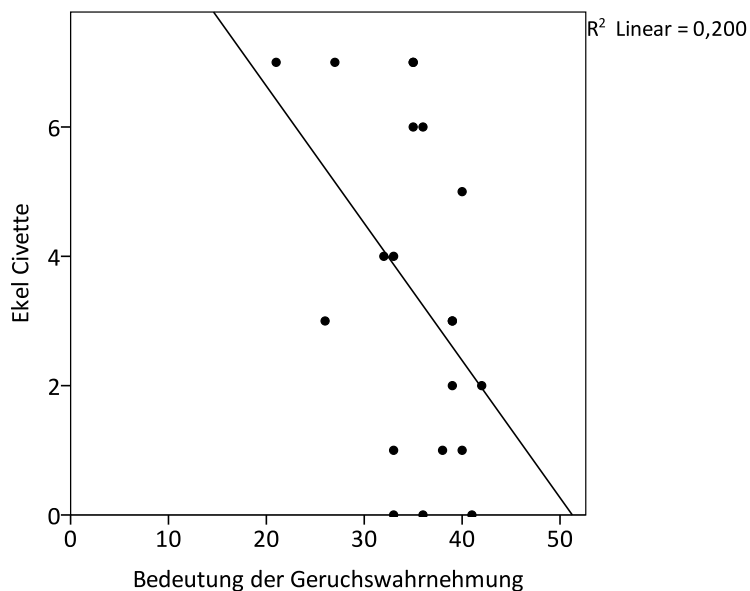
Schätzungen der individuellen Kontraste von der "first level"-Analyse wurden aus den Maximalwertern der Aktivierungen der Gruppenanalyse für die festgelegten ROIs (Amygdala, OFC, Kortex piriformis, Insula anterior). Mit Hilfe von SPSS Version 21 (IBM, Chicago, USA) wurden Korrelationen mit den Probandenratings dargestellt. Außerdem wurden Korrelationen mit den individuellen maximalen Aktivierungen der festgelegten taktilen ROIs (S1 links, S2 links, Insula posterior links) berechnet. Das Signifikanzlevel wurde dafür auf  $p < 0.05$  gesetzt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Auswertung der Fragebögen

##### Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung

Die Versuchsteilnehmer erreichten durchschnittlich einen Wert von 35,0 (SD  $\pm$  5,4) von maximal 54 erreichbaren Punkten. Die weiblichen Teilnehmer erreichten mit durchschnittlich 37,6 (SD  $\pm$  3,7) Punkten einen höheren Wert als die männlichen mit 33,3 (SD  $\pm$  5,8) Punkten. Die Punktzahl im Fragebogen der Geruchswahrnehmung korrelierte negativ mit der Einschätzung des Ekels von Civette ( $r=-0.448$ ,  $p=0.048$ ) (siehe Abb. 8).



**Abbildung 7: Korrelation von Bedeutung der Geruchswahrnehmung und Ekel Civette**

*Je höher die Bedeutung der Geruchswahrnehmung der Probanden war, desto weniger eklig schätzten sie Civette ein ( $r=-0.448$ ,  $p=0.048$ ).*

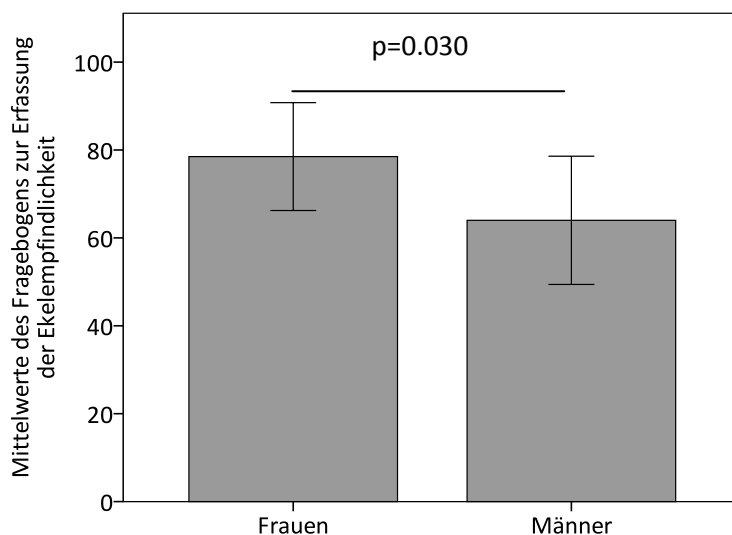
##### Fragebogen zur Empfindung von Körperkontakt

Die Probanden erreichten durchschnittlich 50,10 (SD  $\pm$  10,30) von 80 erreichbaren Punkten. Somit hält der Großteil der Probanden Körperkontakt im Alltag für wichtig. Es finden sich keine Korrelationen zwischen den erreichten Punkten im Fragebogen und der Hedonik der Berührungen.

### Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit

Im Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit erreichten die Studienteilnehmer im Durchschnitt 69,80 (SD  $\pm$  15,23) Punkte, damit lag die durchschnittliche Punktzahl in der unteren Hälfte von den maximal 148 erreichbaren Punkten. Dabei hatten die weiblichen Probanden mit 78,50 (SD  $\pm$  12,27) Punkten ein signifikant stärkeres Ekelempfinden als die männlichen mit 64,00 (SD  $\pm$  14,59) Punkten ( $p=0.033$ ) (siehe Abb. 9).

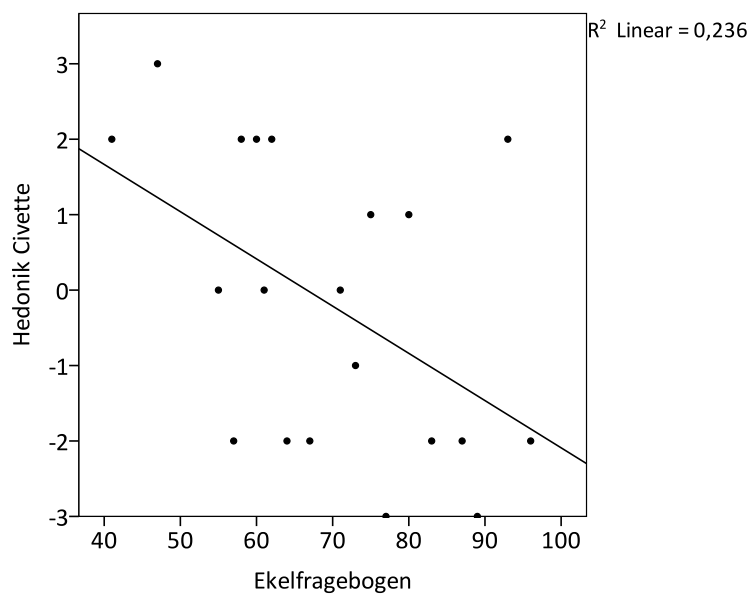
Es konnten keine Korrelationen zu den Ekelbewertungen der Gerüche gefunden werden (Ekel Civette:  $p=0.416$ ; Ekel Rose:  $p=0.857$ ). Jedoch gab es eine negative Korrelation der Punktzahl im Ekelfragebogen mit der Einschätzung der Hedonik von Civette ( $r=-0.486$ ,  $p=0.030$ ) (siehe Abb. 10). Je größer das Ekelempfinden war, desto unangenehmer wurde der Geruch Civette eingeschätzt.



**Abbildung 8: Fragebogen zur Erfassung Ekelempfindlichkeit im Geschlechtervergleich**

*Die weiblichen Probanden hatten ein signifikant höheres Ekelempfinden als die Männer ( $p=0.030$ ).*

*Der Fehlerbalken entspricht  $\pm$  1 SD.*



**Abbildung 9: Korrelation von Ekelfragebogen und Hedonik von Civette**

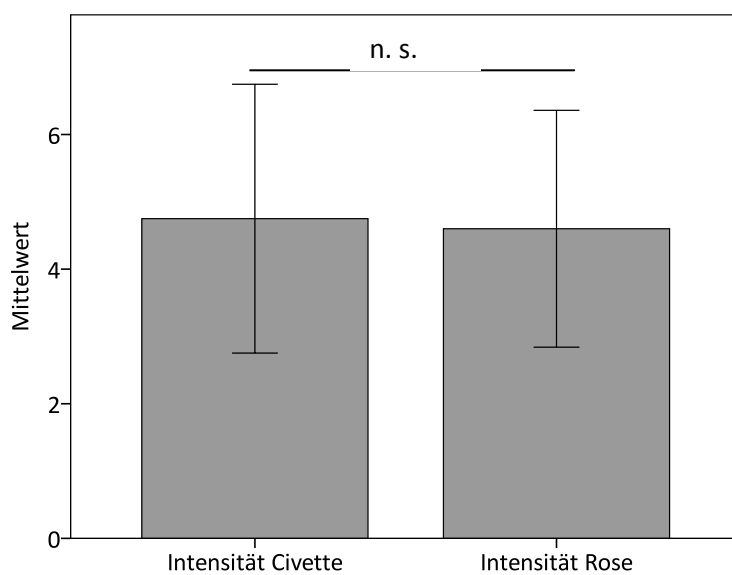
*Je höher die Punktzahl der Probanden im Ekelfragebogen war, desto unangenehmer schätzten sie Civette ein ( $r=-0.486$ ,  $p=0.030$ )*

## 3.2 Ratings während der fMRT-Untersuchung

### 3.2.1 Ratings der Gerüche

#### Intensität

Die Mittelwerte sind mit 4,75 (SD  $\pm$  2,00) Punkte für Civette und 4,60 (SD  $\pm$  1,76) Punkte für Rose vergleichbar und zeigen somit keinen signifikanten Unterschied ( $t=0.3$ ,  $p=0.75$ ) (siehe Abb. 11). Es lässt sich feststellen, dass die Differenz zwischen Minimum und Maximum bei beiden Gerüchen sehr groß ist (Civette=7, Rose=7).



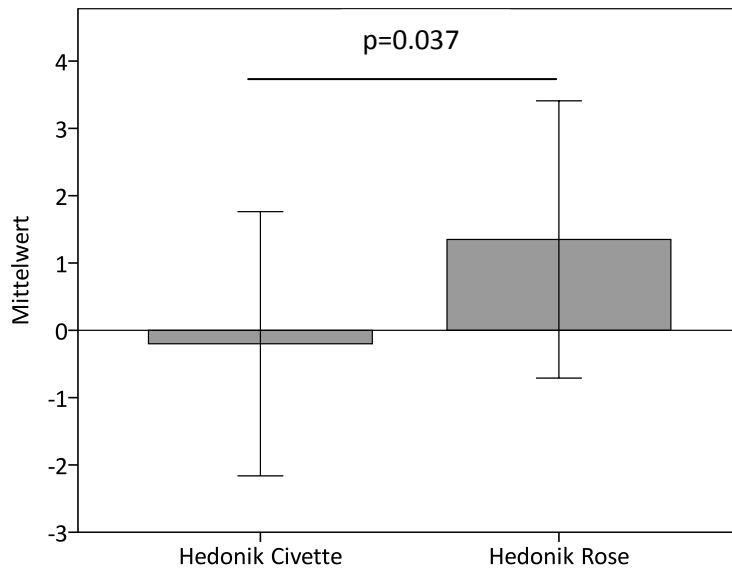
**Abbildung 10: Intensitäten der Gerüche**

*Die durchschnittlichen Intensitäten der beiden Gerüche zeigten keinen signifikanten Unterschied.*

*Der Fehlerbalken entspricht  $\pm$  1 SD.*

#### Hedonik

Civette erreichte einen durchschnittlichen Wert von -0,20 (SD  $\pm$  1,96) Punkten und Rose von 1,35 (SD  $\pm$  2,06) Punkten. Im t-Test zeigte sich, dass Rose wurde signifikant angenehmer empfunden wird als Civette ( $t=2.2$ ,  $p=0.037$ ) (siehe Abb. 12). Bei beiden Gerüchen konnte dabei wieder eine große Spannweite zwischen Minimal- und Maximalwerten gefunden werden. Civette wurde von sieben der zwanzig Probanden angenehmer eingeschätzt als Rose.



**Abbildung 11: Hedonik der Gerüche**

*Die Probanden schätzten Civette signifikant unangenehmer ein als Rose ( $p=0.037$ )*

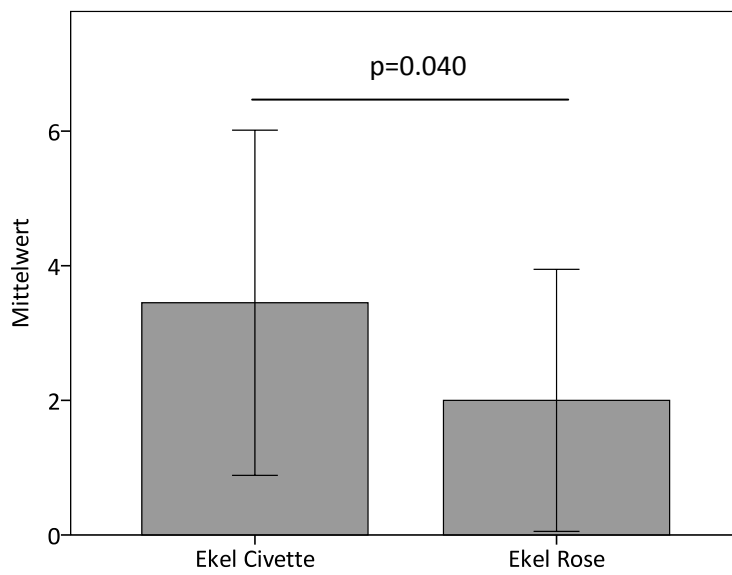
*Der Fehlerbalken entspricht  $\pm 1SD$ .*

## Ekel

Civette wurde als signifikant ekliger eingeschätzt als Rose ( $t=2.2$ ;  $p=0.040$ ) (siehe Abb. 13).

Es gab sowohl eine signifikante Korrelation zwischen dem Ekel und der Hedonik von Civette ( $r=0.546$ ,  $p=0.013$ ), also auch zwischen Ekel und Hedonik von Rose ( $r=0.591$ ;  $p=0.006$ ). Civette wurde von 6 Probanden weniger eklig eingeschätzt als Rose und 2 Probanden schätzten die Gerüche gleichwertig.

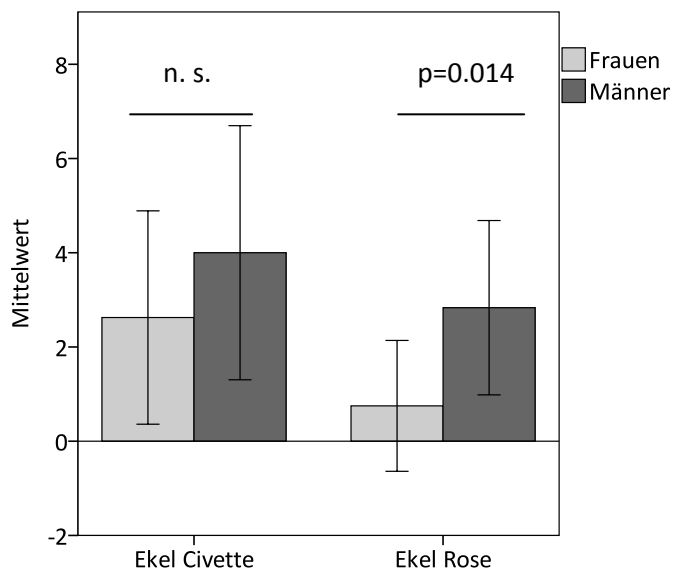
Beim Geschlechtervergleich ist ein signifikanter Unterschied der Einschätzung des Ekels von Rose zu finden, Männer schätzten Rose ekliger ein ( $p=0.014$ ) (siehe Abb. 14). Auch der Geruch Civette löst bei den Männern, wenn auch nicht signifikant, mehr Ekel aus als bei den Frauen. Das ist etwas widersprüchlich zu den Ergebnissen im Ekelfragebogen (siehe 3.1), wo die Frauen höhere Werte erreichten.



**Abbildung 12: Ekel der Gerüche**

*Die Probanden schätzten Civette signifikant ekliger ein als Rose ( $p=0.040$ )*

*Der Fehlerbalken entspricht +/- 1 SD.*



**Abbildung 13: Ekel der Gerüche im Geschlechtervergleich**

*Die Männer schätzten Rose signifikant ekliger ein als die Frauen ( $p=0.014$ )*

*Der Fehlerbalken entspricht +/- 1 SD.*

### 3.2.2 Ratings der Berührungen

#### Intensität

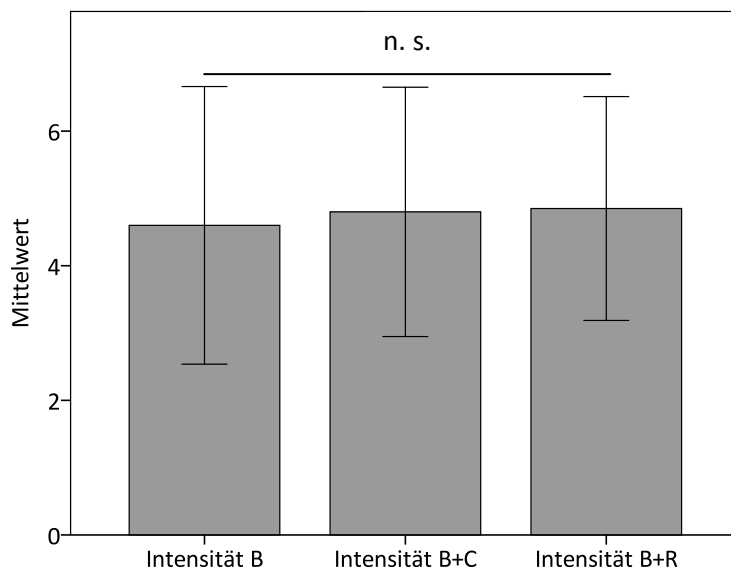
Zwischen den Intensitäten der Berührungen fand sich kein signifikanter Unterschied (siehe Tab. 1/ Abb. 15).

	Signifikanzniveau	T-Wert
Intensität B - Intensität B+C	0.530	-0.639
Intensität B - Intensität B+R	0.262	-1.157
Intensität B+C - Intensität B+R	0.867	0.170

**Tabelle 1: Signifikanz- und T-Werte des Vergleichs der Intensitäten der Berührungsbedingungen**

*Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Intensitäten der Berührungen feststellen.*





**Abbildung 14: Intensitäten der Berührungen**

*Die Intensitäten der Berührungen zeigten keine signifikanten Unterschiede.*

*B-Berührung; B+C-Berührung+Civette; B+R-Berührung+Rose*

*Der Fehlerbalken entspricht +/- 1 SD.*

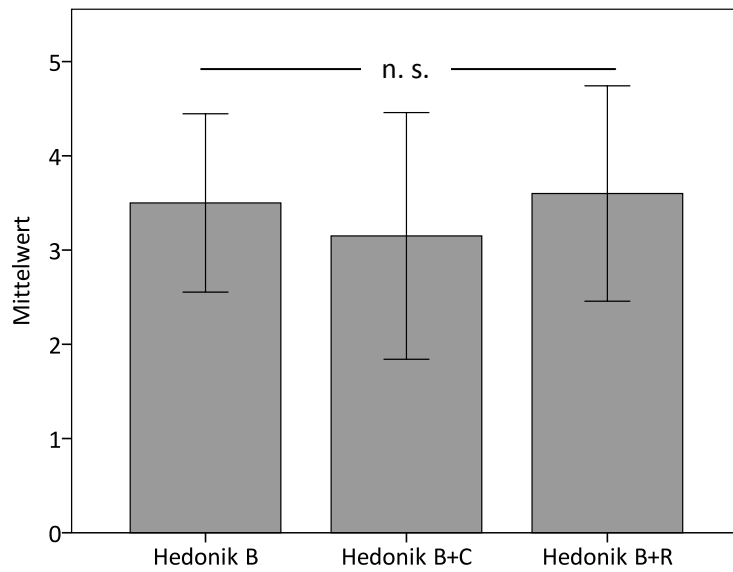
## Hedonik

Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Berührungen festgestellt werden (siehe Tab. 2). Tendenziell wurde die Berührung + Civette weniger angenehm empfunden (siehe Abb. 16). In einer vorherigen psychophysischen Studie mit einer größeren Probandenzahl wurde gezeigt, dass Civette die Hedonik der Berührung signifikant herabsetzen kann (Croy, Angelo et al. 2014).

	Signifikanzniveau	T-Wert
Hedonik B - Hedonik B+C	0.330	1.000
Hedonik B - Hedonik B+R	0.741	-0.335
Hedonik B+C - Hedonik B+R	0.107	-1.690

**Tabelle 2: Signifikanz- und T-Werte des Vergleich der Hedonik der Berührungen**

*Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Hedonik der Berührungen*



**Abbildung 15: Hedonik der Berührung**

*Die Hedonik von B+C wurde tendenziell niedriger eingeschätzt (nicht signifikant)*

*B-Berührung; B+C-Berührung+Civette; B+R-Berührung+Rose*

*Der Fehlerbalken entspricht +/- 1 SD.*

### 4.3 Auswertung des fMRT

#### Gerüche:

Bei Civette wurde der OFC rechtsseitig aktiviert. Die Insula anterior war beidseitig, stärker aber links aktiv. Desweiteren gab es bilaterale Aktivierungen in der Amygdala und im Thalamus. Der Hippocampus war linksseitig aktiv und der Kortex piriformis rechtsseitig (siehe Tab. 3/Abb. 16). Bei der Korrelation mit den Probandenratings fand sich eine Verbindung zwischen dem Ekel von Civette und der Amygdala-Aktivierung.

Bei Rose wurde der OFC nur rechts aktiviert. Es zeigten sich große Aktivierungsareale in der Insula anterior. Zudem war der Hippocampus rechtsseitig und der Thalamus beidseitig aktiv (siehe Tab. 3/Abb. 16).

Der olfaktorische Kortex war bei beiden Gerüchen nicht darstellbar.

Alle weiteren Aktivierungen sind in Tabelle 7 im Anhang zu finden.

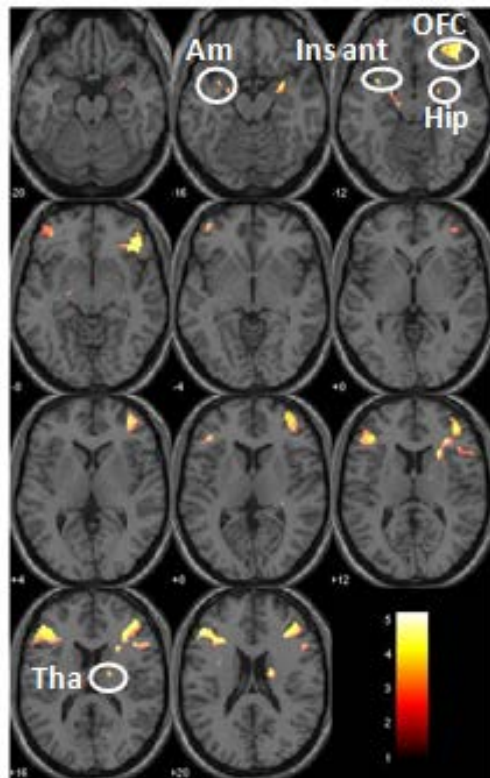
Civette und Rose vergleichend zeigt sich, dass beide Gerüche den OFC nur rechtsseitig aktivieren. Das Maximum der OFC-Aktivierung von Civette liegt etwas lateraler als von Rose. Desweiteren aktiviert Rose die Insula anterior viel stärker als Civette. Die Amygdala wird nur bei Civette aktiviert. Civette aktivierte den Hippocampus auf der linken Seite, Rose dahingegen auf der rechten. Beide Gerüche rufen eine Thalamus-Aktivierung hervor.

Bei Rose vs. Civette war ein kleines Aktivierungsareal im Hippocampus zu finden, das heißt Civette aktiviert den Hippocampus signifikant stärker als Rose.

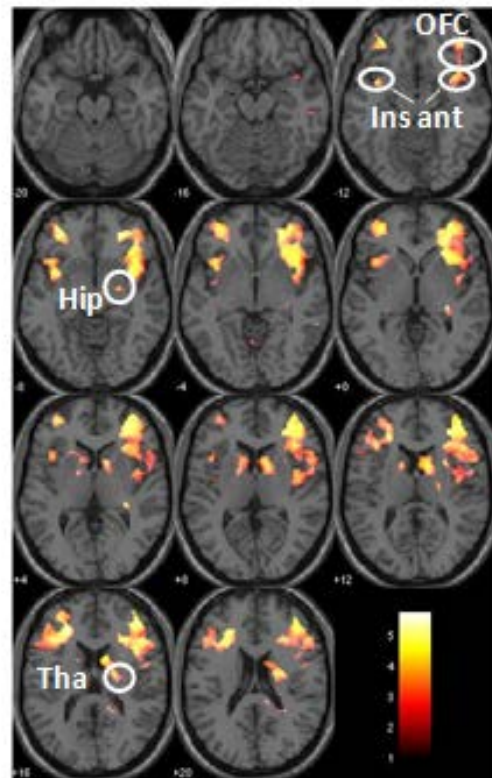
Bei Civette vs. Rose war ein Teil der Insula anterior aktiv.

	Clustergröße	T-Wert	MNI Koordinaten		
			x	y	z
<b><u>Civette</u></b>					
OFC	56	3.54	30	38	-12
Insula anterior	3	2.57	38	10	-6
	13	3.31	-34	6	-10
Amygdala	97	3.89	28	2	-16
	56	3.34	-22	-6	-14
Hippocampus	15	3.11	-34	6	-10
Thalamus	10	2.80	18	-10	16
	3	2.66	8	-4	2
	6	2.96	-16	-24	-8
	4	2.60	-14	-8	12
Kortex piriformis	4	2.98	22	-4	-10
<b><u>Rose</u></b>					
OFC	55	4.58	26	42	-10
Insula anterior	269	4.55	38	20	-4
	78	4.25	40	10	-10
	5	2.74	32	8	10
	129	4.01	-38	16	-2
	23	4.33	-36	6	-10
	6	3.31	-28	28	14
Hippocampus	5	2.79	32	-34	0
Thalamus	56	3.42	22	-12	14
	23	3.39	28	-28	2
	4	2.97	-14	-2	6
	7	2.64	-8	-14	-4
<b><u>Civette vs. Rose</u></b>					
Hippocampus	5	2.55	-18	-12	-12
<b><u>Rose vs. Civette</u></b>					
Insula anterior	5	2.69	44	2	2

**Tabelle 3: ROIs der Gerüche**



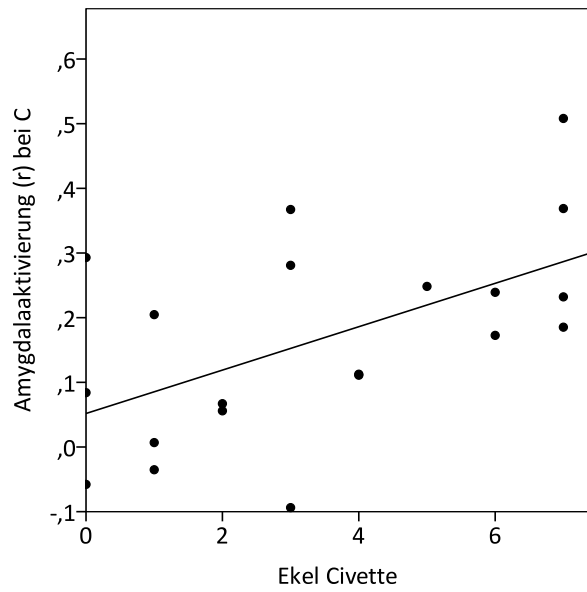
**CIVETTE**



**ROSE**

**Abbildung 16: Aktivierungen Civette und Rose (Axialschnitte)**

*Sowohl bei Civette als auch bei Rose wurden der orbitofrontale Kortex (OFC), der Thalamus (Tha), die Insula anterior (Ins ant) und der Hippocampus (Hip) aktiviert. Rose aktivierte die Insula anterior und den Thalamus etwas stärker als Civette. Der Hippocampus war bei Civette rechtsseitig und bei Rose linksseitig aktiviert. Nur von Civette wurde die Amygdala (Am) aktiviert.*



**Abbildung 17: Korrelation d. Ekel von Civette mit Amygdalaaktivierung**

*Die Aktivierungsstärke der Amygdala korrelierte mit der angegebenen Einschätzung des Ekels von Civette ( $r=0.550$ ,  $p=0.012$ ).*

### **Berührung**

Bei Berührung allein wurden S1 und S2 sowohl kontra- als auch ipsilateral aktiviert. Des Weiteren war die Insula posterior auf der kontralateralen Seite aktiv (siehe Tab. 4/Abb. 18).

Berührung + Civette und Berührung + Rose zeigten ähnliche Aktivierungen. S1 wurde kontralateral und S2 bilateral aktiviert. Die Insula posterior zeigte kontralaterale Aktivierung (siehe Tab. 4/Abb. 19). Bei Berührung allein waren diese Aktivierung deutlich stärker.

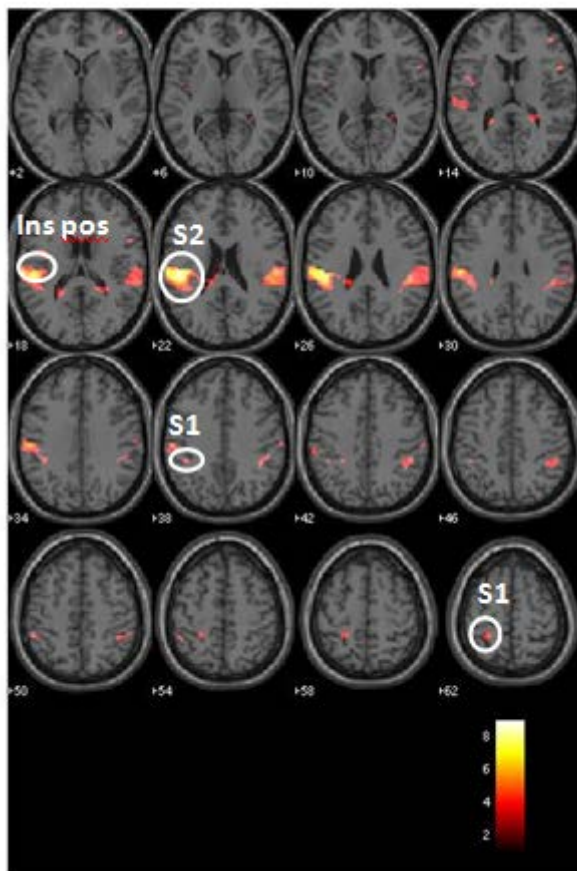
Alle weiteren Aktivierungen sind in Tabelle 7 im Anhang zu finden.

Bei Berührung + Civette vs. Berührung + Rose bzw. Berührung + Rose vs. Berührung + Civette waren keine Berührungsaktivierungen zu finden.

	Clustergröße	T-Wert	MNI Koordinaten		
			x	y	z
<b><u>Berührung</u></b>					
S1 kontralateral	73	4.39	-54	-22	38
	180	4.31	-24	-40	62
	52	2.90	-50	-40	54
S1 ipsilateral	81	4,01	62	-18	44
	30	3,03	40	-42	50
S2 kontralateral	407	8.94	-48	-26	22
	7	3.11	-40	-6	18
	9	2.56	-48	-4	10
S2 ipsilateral	228	4.98	50	-30	22
Insula posterior	31	5.51	-40	-22	20
<b><u>Berührung + Civette</u></b>					
S1 kontralateral	57	3.25	-26	-40	62
	4	2.52	-60	-24	44
S2 kontralateral	233	5.37	-48	-26	24
	3	3.08	-60	-24	20
	21	2.64	-42	-10	6
S2 ipsilateral	32	2.65	60	-20	20
	6	2.29	46	-30	24
Insel posterior	8	3.14	-40	-20	20
<b><u>Berührung + Rose</u></b>					
S1 kontralateral	44	3.01	-24	-40	62
	13	2.45	-58	-22	40
S2 kontralateral	267	5.95	-46	-26	24
S2 ipsilateral	54	2.95	48	-30	22
Insula posterior	8	3.14	-40	-22	20

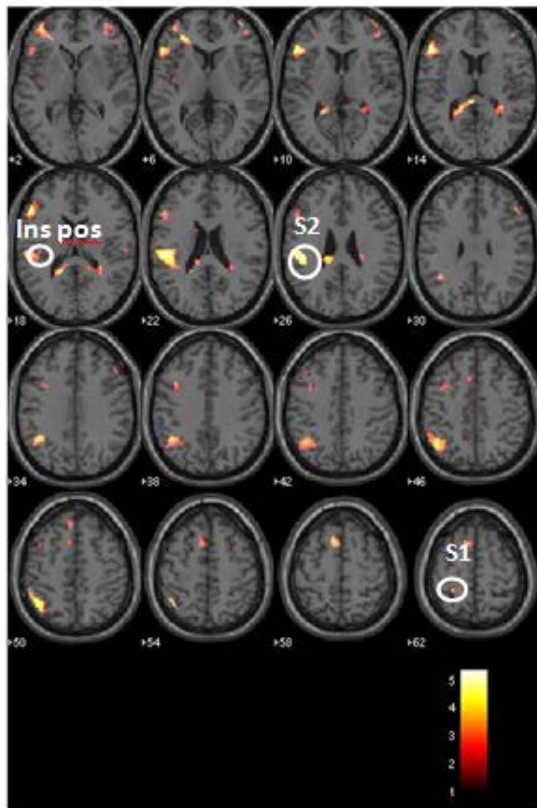
**Tabelle 4: ROIs der Berührungen**



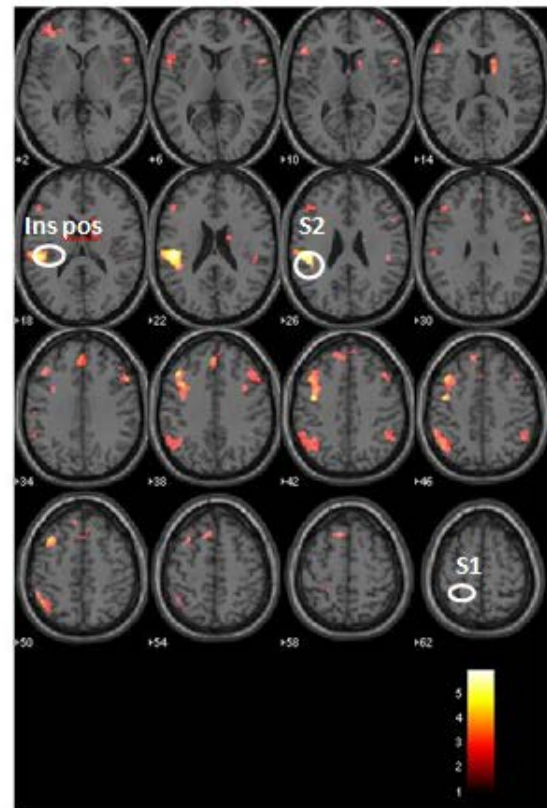


**Abbildung 18: Aktivierungen von Berührung (Axialschnitt)**

*Es fanden sich Aktivierungen im primären (S1) und sekundären (S2) somatosensorischen Kortex und in der Insula posterior (Ins pos)*



**BERÜHRUNG+CIVETTE**



**BERÜHRUNG+ROSE**

**Abbildung 19: Aktivierungen von Berührung+Civette und Berührung+Rose (Axialschnitte)**

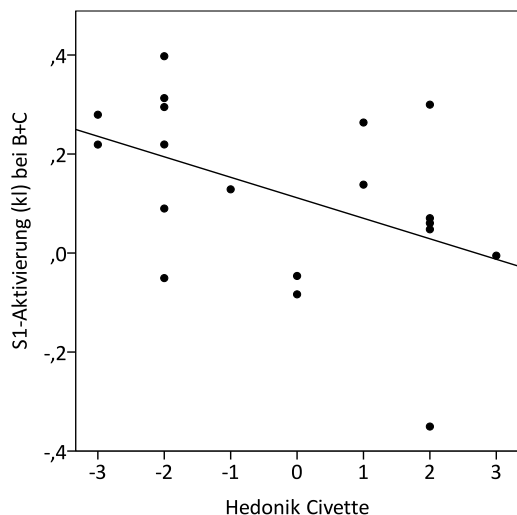
*Beide Gerüche zeigten etwa gleiche Aktivierungen in primären (S1) und sekundären (S2) somatosensorischen Kortex und in der Insula posterior (Ins pos)*

In der Zusatzanalyse wurden nach Korrelationen mit den Ratings untersucht. In der B+C-Bedingung gab es eine negative Korrelation zwischen der Hedonik von Civette und der S1 bzw. S2-Aktivierung (S1:  $r=-0.46$ ,  $p=0.047$ ; S2:  $r=-0.47$ ,  $p=0.040$ ); je unangenehmer der Civettegeruch eingeschätzt wurde, desto stärker wurden S1 und S2 aktiviert. Des Weiteren korrelierte auch der Ekel von Civette mit der S1-Aktivierung ( $r=0.50$ ,  $p=0.024$ ) und mit der OFC-Aktivierung ( $r=0.61$ ,  $p=0.005$ ) und die Hedonik von Civette mit der Aktivierung der rechten Insula anterior ( $r=-0.51$ ,  $p=0.027$ ).

Zwischen der Angenehmheit der Berührung und der Insula posterior-Aktivierung wurde eine Korrelation gefunden. Je mehr die Probanden die Berührung unter dem Einfluss von Civette noch mochten, desto stärker war diese Region aktiviert ( $r=0.49$ ,  $p=0.03$ ).

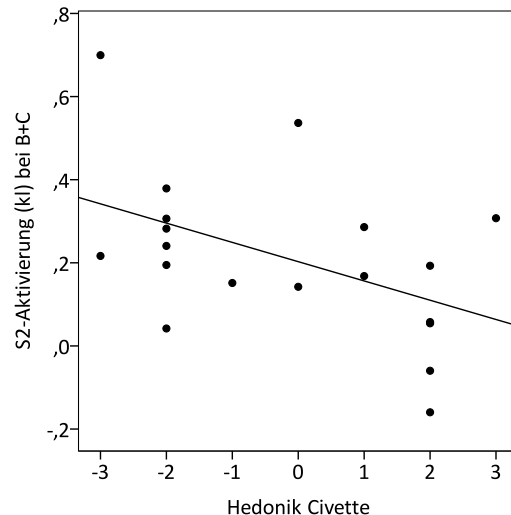
Es wurden keine Korrelationen zwischen der Wahrnehmung des Kontroll-Geruches und Aktivierungen in der Berührung Rose-Bedingung gefunden. Zudem gab es auch keine signifikanten Korrelationen mit den angegebenen Intensitäten der Gerüche.

**Korrelation von Hedonik des Civettegeruchs und S1-Aktivierung (kontralateral) in der Berührung+Civette-Bedingung**

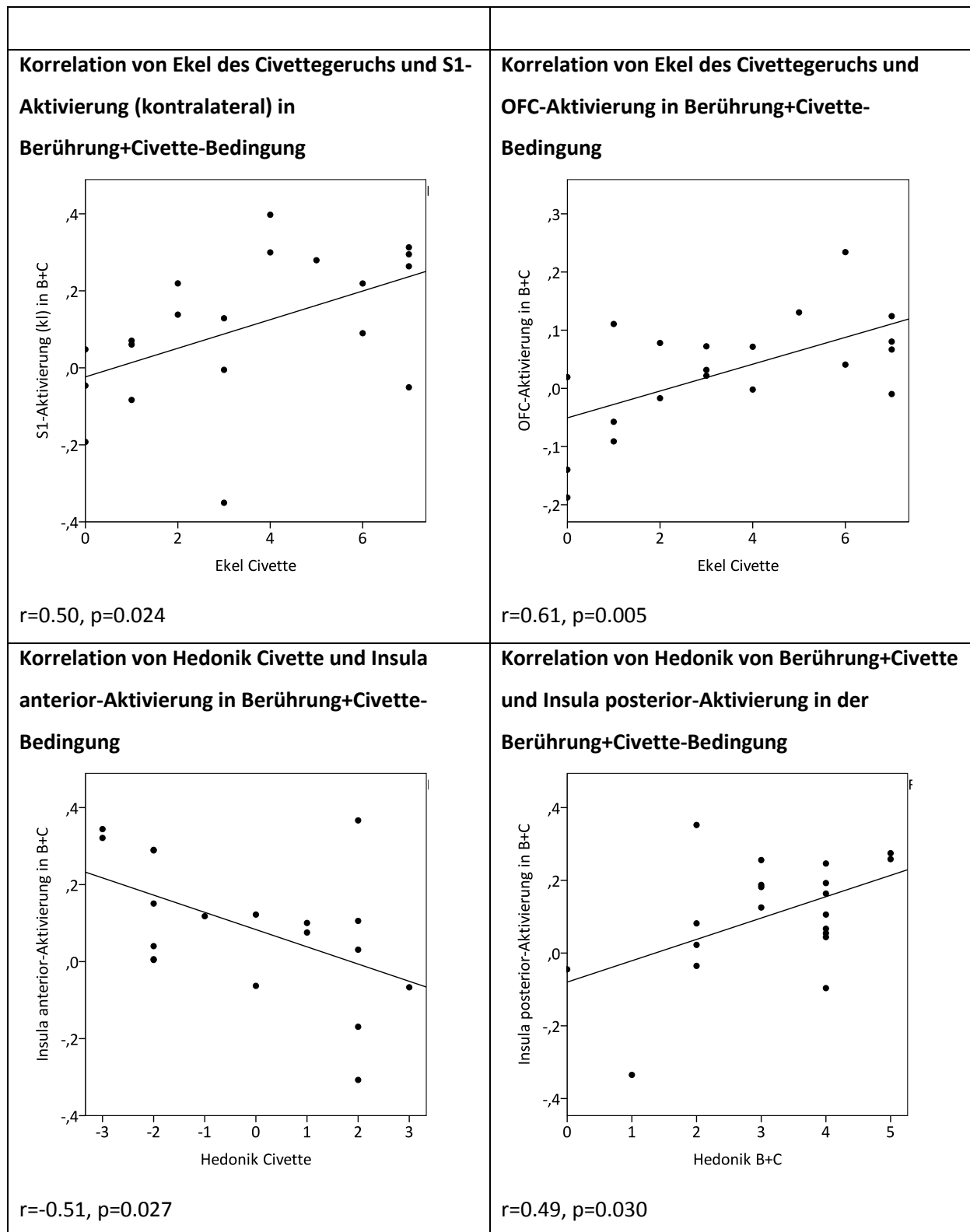


$r=-0.46$ ,  $p=0.047$

**Korrelation von Hedonik des Civettegeruchs und S2-Aktivierung (kontralateral) in der Berührung+Civette-Bedingung**



$r=-0.47$ ,  $p=0.040$



**Abbildung 20: Korrelationen von den Probandenratings und den ROI-Aktivierungen in der Berührung+Civette-Bedingung**

*Die Aktivierungen einiger Gehirnareale hängen mit den Probandenratings für die Gerüche und Berührungen zusammen in der Berührung+Civette-Bedingung zusammen.*

## 4 Diskussion

Wie in der Hypothese vermutet, hat eine unangenehme Umgebung einen Einfluss auf die neuronale Antwort von Berührung. Die Hedonik- und auch die Ekel-Wahrnehmung von Civette hatten einen signifikanten Einfluss auf die Antwort im primären somatosensorischen Kortex. Je unangenehmer bzw. ekliger Civette eingeschätzt wurde, desto stärker wurde S1 aktiviert. Die Änderung in S1 war nicht für alle Probanden homogen, sondern abhängig von der Hedonik-Wertung der Gerüche. Die Probanden, die Civette unangenehmer und ekliger empfanden, zeigten stärkere Aktivierungen bei der Berührung. Im Gegensatz dazu fanden sich bei den Probanden, die Civette eher als mittelmäßig einstufen, keine verstärkten Aktivierungen in S1. Man kann also von einer äußerst anpassungsfähigen Top-Down-Regulation der Berührung durch unterschiedliche olfaktorische Einflüsse aus der Umwelt ausgehen.

### 4.1 Wahrnehmung von Civette

Civette wurde sowohl signifikant unangenehmer als auch signifikant ekliger eingeschätzt. Die Wertungen für die Intensitäten der Gerüche dahingegen zeigten keinen signifikanten Unterschied, sie waren also nahezu identisch. Somit kann die Intensität als Einflussfaktor ausgeschlossen werden. Ein Einfluss auf die Berührungsempfindung bzw. auf zentrale Verarbeitung wäre nur mit dem Ekel bzw. der Unangenehmheit von Civette zu begründen.

Auch in vorherigen Studien wurde gezeigt, dass Fäkaliengeruch als eklig empfunden wird (Rozin and Fallon 1987; Croy, Olgun et al. 2011; Seo, Guarneros et al. 2011) und auch speziell für Civette wurde eine ekelerregende Wirkung gezeigt (Croy, Laqua et al. 2013).

Die Probanden zeigten wider Erwarten keine Korrelation zwischen den erreichten Werten im Ekelfragebogen und den Einschätzungen des Ekels der Gerüche. Jedoch korrelierten die Ergebnisse im Ekelfragebogen mit der Hedonik von Civette. Je höher die Ekelempfindlichkeit angegeben wurde, desto unangenehmer wurde der Civettegeruch eingeschätzt. Männer erreichten in dem Fragebogen weniger hohe Werte, somit gaben sie an ein niedrigeres Ekelempfinden zu haben. Dennoch schätzten die Männer Rose signifikant ekliger ein als die Frauen. Dieses Ergebnis passt zu einer bisher unveröffentlichten Studie, in welcher Männer schlechter als Frauen in verschiedenen Tests abschnitten, wenn sie in einem mit Rose beduftetem Raum waren. Sie waren weniger aufmerksam und gaben an besorgter und in einer schlechteren Stimmung zu sein. Solche Ergebnisse waren bei anderen Raumdüften nicht zu finden (Haehner 2014). Rose ist also kein optimaler angenehmer Geruch, was man für weitere Studien bedenken sollte.

Probanden, die der Geruchswahrnehmung mehr Bedeutung zumaßen, schätzten Civette signifikant ekliger ein als den Kontrollgeruch. Die Probanden wussten nicht, um welche Gerüche es sich handelt,

das heißt, es wäre möglich, dass einige Probanden Civette nicht als Fäkalienengeruch beurteilt haben. Wahrscheinlich fällt es Personen mit einer größeren Bedeutung der Geruchswahrnehmung einfacher Gerüche zu identifizieren und einzuordnen.

Die Hedonikratings der Gerüche wiesen eine hohe Streuung auf. Wider Erwarten gab es auch einige Studienteilnehmer, die die Gerüche kontrovers bewerteten. Es ist bekannt, dass die Wahrnehmung und Wertung von Gerüchen zwischen Individuen sehr verschieden ist. Diese ist unter anderem abhängig vom Rezeptorpolymorphismus, dem physiologischen Zustand und Lernprozessen (O'Doherty, Rolls et al. 2000; Wilson and Stevenson 2003; Keller, Zhuang et al. 2007). Alternativ könnte auch die Atmung mit dem velopharyngealen Verschluss die Geruchswahrnehmung beeinflussen. Physiologisch gehört das Schnuppern durch die Nase zum Riechvorgang dazu (Kepecs, Uchida et al. 2006; Mainland and Sobel 2006). Die Atmung durch den Mund wird normalerweise eingesetzt, um das Riechen zu umgehen. Deshalb ist es möglich, dass durch das fehlende Schnüffeln die Wahrnehmung verändert ist.

#### **4.2 Wahrnehmung der Berührung**

Die Probanden werteten die Berührung als angenehm (im Mittel 3,5 von 5 Punkten). Durch das Streicheln der behaarten Haut mit einer Geschwindigkeit von etwa 3 cm/s des Unterarmes wurde versucht die CT-Fasern anzuregen. Sie werden vor allem bei Geschwindigkeiten zwischen 1-10 cm/s angeregt (Loken, Wessberg et al. 2009) und codieren vor allem angenehme Berührungen.

Es war die Tendenz zu sehen, dass die Frauen die Berührung angenehmer bewerten als die Männer. Dies wurde auch in einer vorherigen schwedischen Studie signifikant dargestellt (Croy, Angelo et al. 2014).

#### **4.3 Einfluss von Civette auf die Berührung**

In einer vorherigen Studie, die einen ähnlichen Studienaufbau hatte wie diese, setzte der Civettegeruch die Angenehmheit der Berührung herab (Croy, Angelo et al. 2014). Die Ergebnisse konnten jedoch nicht vollständig reproduziert werden. Zwischen den Bewertungen der unterschiedlichen Berührungsmodalitäten konnten keine signifikanten Unterschiede gezeigt werden, jedoch zeigte sich eine deutliche Tendenz, die darauf hinweist, dass Civette die Berührungsangenehmheit herabsetzt (siehe Abbildung 22). Anzumerken ist auch, dass die Bedingungen anders waren: die Probandenzahl war geringer, die Studie wurde in einem anderen Land durchgeführt und die Probanden lagen in einem Scanner, was eine ungewohnte Situation ist. Unter diesen Umständen ist das Ergebnis beachtenswert. In Einklang mit der Studie von Croy reiht sich somit reiht sich die Berührung in die Liste sensorischer Empfindungen, die durch Gerüche

beeinflusst werden, ein: Wahrnehmung von Bildern, Geräuschen, Geschmacks- und Tastempfindungen (Kettenmann, Mueller et al. 2005; Dematte, Sanabria et al. 2006; Seo and Hummel 2011; Parma, Tirindelli et al. 2012).

Es ist bekannt, dass ein unangenehmer Geruch ein größerer Stimulus ist als ein angenehmer. Das kann man unter anderem daran sehen, dass die P2-Amplituden bei ereigniskorrelierten Potentialen größer sind und diese auch schneller induziert werden (Croy, Maboche et al. 2013). Somit ist es nachvollziehbar, dass nur unangenehme Gerüche Einfluss auf die Angenehmheit von Berührungen haben. Evolutionär ist dies auch sehr sinnvoll, da Ekel ein Schutzmechanismus vor mikrobiellen Gefahren wie verfaulten Lebensmitteln und Krankheiten und ist (Oaten, Stevenson et al. 2009). Unangenehme, potenziell gefährliche Berührungen können so verhindert werden.

#### **4.4 Zentrale Aktivierungen von Civette im Vergleich mit dem Kontrollduft**

Beide Gerüche aktivierten den OFC nur rechts und mit etwa gleicher Voxelanzahl. Dass rechts stärker aktiviert wird, ist bereits aus anderen Untersuchungen bekannt (Zald and Pardo 1997; Royet, Zald et al. 2000; Zald and Pardo 2000). Das Maximum des Civettegeruchs liegt lateraler als beim Kontrollgeruch, was mit dem Ergebnis von Rolls übereinstimmt, dass unangenehme mehr den lateralen und angenehme Gerüche stärker den medialen OFC aktivieren (Rolls, Kringelbach et al. 2003).

Civette aktivierte die Amygdala bilateral. Beim Kontrollgeruch konnte kein aktiver Bereich der Amygdala gefunden werden. Über die Bedeutung der Amygdala in der zerebralen Verarbeitung von Gerüchen wird kontrovers diskutiert. Anderson stellte die These auf, dass die Intensität, aber nicht die Hedonik eines Geruchs die Amygdalaaktivierung beeinflusst (Anderson, Christoff et al. 2003). Im Gegensatz dazu postulierte Zald, dass die Amygdala von der Hedonik abhängt und vor allem durch unangenehme Gerüche aktiviert wird (Zald 2003). Er fand Korrelationen zwischen Aversion und Amygdalaaktivierung. Weitere Studien zeigen, dass sie sowohl durch unangenehme als auch angenehme Gerüche aktiviert wird. (Garavan, Pendergrass et al. 2001; Hamann and Mao 2002; Winston, O'Doherty et al. 2003). Dabei spielt sowohl die Hedonik als auch die Intensität des Geruches eine Rolle (Winston, O'Doherty et al. 2003). In dieser Untersuchung war aber nur die Hedonik ausschlaggebend, da die Intensitäten der Gerüche etwa gleich waren und sie somit keinen Einfluss haben konnten. Wie oben erwähnt, wurde die Amygdala nicht durch den Kontrollgeruch aktiviert, dieser war wahrscheinlich nicht angenehm genug. Bei Civette waren Amygdalaaktivierungen zu finden. Je ekliger die Probanden den Civettegeruch einschätzten, desto stärker waren diese

Aktivierungen. Dies passt sehr gut zu den oben genannten Studien. Es kann also bestätigt werden, dass die Amygdala die Hedonik von Gerüchen codiert.

Auch der Kortex piriformis ist stark mit der Hedonik-Empfindung assoziiert, er wird vor allem bei unangenehmen Gerüchen aktiviert (Rolls, Kringelbach et al. 2003; de Araujo, Rolls et al. 2005; Bensafi, Sobel et al. 2007; Zelano, Montag et al. 2007). Dazu passen auch die Ergebnisse dieser Studie, die mehr Aktivierungen im Kortex piriformis bei Civette im Vergleich zum Kontrollduft zeigen.

Civette löste im Vergleich zum Kontrollgeruch eine stärkere Aktivierung im Hippocampus aus, der eine wichtige Rolle für das episodische Gedächtnis spielt (Rolls 2010; Small, Schobel et al. 2011; Olsen, Moses et al. 2012). Der Fäkaliengeruch rief bei den Probanden also wahrscheinlich stärkere Erinnerungen und Assoziationen hervor.

Die Insula anterior wurde bei Civette aktiviert, jedoch bei weitem nicht so stark wie bei der Kontrolle. Sie ist stark bei der Verarbeitung von Gerüchen beteiligt (Kurth, Zilles et al. 2010; Chang, Yarkoni et al. 2013). In einigen Studien wurde gezeigt, dass die Insula anterior ein Verarbeitungsgebiet für die Emotion Ekel ist (Sprengelmeyer, Rausch et al. 1998; Calder, Keane et al. 2000; Wicker, Keysers et al. 2003) und unangenehme olfaktorische, gustatorische und visuelle Reize eine Aktivierung auslösen (Wicker, Keysers et al. 2003). In unserer Studie wurde die Insula anterior umso mehr aktiviert, je unangenehmer die Probanden Civette einschätzen. Diese Korrelation ist jedoch nur in der Berührung+Civette-Bedingung zu finden und nicht beim Civettegeruch allein, das heißt nur im Falle eines multisensorischen Inputs. Die Insula anterior ist Teil eines multimodalen Netzwerkes für sensorische Integration, das auch den primären und sekundären somatosensorischen Kortex involviert (Sepulcre, Sabuncu et al. 2012). Sie verknüpft verschiedene sensorische Einflüsse mit emotionaler Wertigkeit (Craig 2009), wie z.B. Ekel (Kelly, Toro et al. 2012).

Auch der OFC zeigt eine Korrelation in der Bedingung Berührung+Civette. Die Aktivität nimmt zu, je ekliger Civette eingeschätzt wird. Die Amygdala, die Insula anterior und der OFC sind also wahrscheinlich an der Hedonikverarbeitung von Gerüchen beteiligt.

#### **4.5 Zentrale Verarbeitung von Berührung**

Die Berührung des rechten Unterarms aktivierte wie erwartet den primären und den sekundären somatosensorischen Kortex. Die Aktivierungen waren überwiegend auf der kontralateralen Seite zu finden, jedoch waren auch ipsilateral einige aktive Cluster der somatosensorischen Areale aktiv. Wider Erwarten konnte kein aktiver Bereich im OFC gefunden werden, der häufig bei angenehmen Berührungen aktiv ist (Francis, Rolls et al. 1999; Rolls, O'Doherty et al. 2003). Auch im Cortex



cingularis anterior, der bei angenehmen Berührungen aktiv sein soll (Lindgren, Westling et al. 2012), war kein Areal aktiv. Aktivierungen gab es in der kontralateralen Insula posterior, die spezifisch bei der Aktivierung von CT-Fasern durch angenehme Berührungen ist (Olausson, Lamarre et al. 2002).

#### **4.6 Einfluss von Civette auf die neuronale Verarbeitung der Berührung**

Bei der Kombination von Berührung und Geruch nahmen sowohl die Größe als auch die Stärke der Berührungs- und Geruchsareale im Vergleich zu den allein präsentierten Bedingungen ab. Erklären könnte man dies mit der Teilung der Aufmerksamkeit. Wenn ein einzelner Reiz dargeboten wird, liegt die gesamte Aufmerksamkeit auf diesem. Kommt jedoch ein zweiter dazu verschiedener Reiz hinzu, müssen nun zwei Reize wahrgenommen werden. Durch mehrere Inputs ist die Aufmerksamkeit nicht mehr auf einen Reiz konzentriert. Somit wäre es auch logisch, dass es auch bei der Verarbeitung im Gehirn keinen Fokus mehr auf eine Reizverarbeitung gibt und deswegen die Aktivierungen weniger stark ausfallen. Die Bedingung „Berührung“ lässt sich somit nicht direkt mit den Bedingungen „Berührung+Geruch“ vergleichen. Die Aktivierungen von B+C und B+R waren sich sehr ähnlich. Bei B+C war das S1-Cluster etwas größer. Bei B+C vs. B+R und umgekehrt waren jedoch keine der ROI-Regionen überschwellig aktiviert. Dies könnte daran liegen, dass die Einschätzung der Gerüche durch die Probanden nicht homogen war. Einerseits war Rose insbesondere für Männer nicht angenehm genug (siehe 4.1), andererseits Civette mit einem Hedonik-Wert von knapp unter null eventuell nicht unangenehm genug.

Bei der Analyse der Korrelationen zwischen den Probandenratings und der Aktivität bestimmter Cluster, konnten in der Berührung+Civette-Bedingung einige interessante Ergebnisse gefunden werden. Sowohl S1 als auch S2 unterliegen einer Korrelation mit der Hedonikwertung von Civette. Je unangenehmer die Probanden Civette werteten, desto stärker waren S1 und S2 aktiv. Desweiteren korrelierte auch der Ekel von Civette mit der S1-Aktivierung. Also nur die Probanden, die Civette eklig und unangenehm fanden, zeigten eine verstärkte neuronale Reaktion auf Berührungsreize. Bei Probanden, die Civette eher als mittelmäßigen Geruch einschätzten, konnte keine verstärkte Aktivierung in S1 bzw. S2 gefunden werden. Das lässt sich als eine adaptive Top-Down-Regulation durch unterschiedliche Einschätzung von Umwelteinflüssen interpretieren.

Es wurden keine Korrelationen mit dem Kontrollduft in der Berührung+Kontrolle-Bedingung gefunden. Außerdem gab es keine signifikanten Korrelationen mit den eingeschätzten Intensitäten der Gerüche.

Ein ähnlicher Effekt wurde in einer Studie zu Schmerzverarbeitung herausgefunden, wo untersucht wurde, wie sich ein wohlriechendes Umfeld auf unangenehme Berührung auswirkt. Herausgefunden

wurde ein ähnlicher Effekt wie in unserer Studie. Angenehme Düfte verringerten die Empfindung von thermischen Schmerzen und reduzierten die durch den Schmerzreiz aktivierten Areale in S1 und S2 (Villemure and Bushnell 2009). Aus diesen beiden Ergebnissen könnte man die These formulieren, dass der primäre und sekundäre somatosensorische Kortex dazu fähig sind, seine Reaktionen abzuschwächen oder zu verstärken je nachdem wie die Einflüsse während Berührung sind. Angenehme Gerüche signalisieren eine sichere Umgebung und die Verarbeitung von Berührung kann herabgesetzt werden. Dahingegen können unangenehme Gerüche eine eventuelle Gefahr signalisieren und so die Verarbeitung steigern. Die Beurteilung des olfaktorischen Umfelds führt zur emotionalen Einschätzung der Situation und unter diesen Einflüssen werden die Berührungsreize verarbeitet.

Auch die Aktivierungen im OFC und in der Insula anterior korrelierten mit dem Ekel bzw. der Unangenehmheit von Civette in der Berührung+Civette-Bedingung. Zudem ist es wahrscheinlich, dass die Amygdala den Ekel codiert (siehe 4.4). Daraus lässt sich vermuten, dass die Amygdala, die Insula anterior und der OFC an der Hedonikeinschätzung der olfaktorischen Umgebung beteiligt sind. Das Ergebnis dieser Einschätzung führt dann zu Korrekturen in der Reaktivität der primären und eventuell auch der sekundären somatosensorischen Regionen. Wenn die Gerüche als unangenehm oder eklig bewertet werden, dann wird eine angenehme Berührung weniger angenehm (Croy, Angelo et al. 2014) und die Reaktivität in den somatosensorischen Arealen wird gesteigert. Das könnte dabei helfen auf eine potenziell gefährliche Berührung schnell zu reagieren und sie abzuweisen.

## 5 Zusammenfassung

Berührung ist ambivalent. Streicheln kann sowohl vertraulich und wohltuend als auch unangenehm oder sogar gefährlich wahrgenommen werden, je nach Umfeld und Umständen. Es ist aus einer vorherigen Arbeit bekannt, dass aversive Gerüche die Angenehmheit einer Berührung herabsetzen können. Ziel dieser Studie war es zu untersuchen, welchen Einfluss ein unangenehmer und ekliger Geruch bei der Verarbeitung von angenehmen Berührungen hat.

20 gesunde, normosmische, rechtshändige Probanden im Alter von 21 bis 36 Jahren (12 männlich, 8 weiblich, Durchschnittsalter 24 Jahre ( $SD \pm 3,6$  Jahre)) wurden in einem Blockdesign gescannt, während ihnen fünf unterschiedliche Bedingungen präsentiert wurden: Civette (riecht nach Fäkalien) allein, Kontrollgeruch allein, streichelnde Berührung allein, Berührung + Civette, Berührung + Kontrollgeruch. Im Anschluss jeder Bedingung schätzten sie die Gerüche nach Intensität, Hedonik und Ekel und die Berührungen nach Intensität und Hedonik ein. Civette wurde signifikant unangenehmer und ekliger eingeschätzt als der Kontrollduft. Die olfaktorischen Wertungen wurden später in der Analyse von psychophysiologischen Interaktionen genutzt.

Die Gerüche vergleichend aktivierte Civette den orbitofrontalen Kortex lateraler als der Kontrollduft und der Kontrollduft aktivierte die Insula anterior stärker. Des Weiteren wurde die Amygdala nur von Civette aktiviert und die Aktivierungsstärke korrelierte zu den Ekelangaben für Civette. Somit scheint die Amygdala ein Zeiger für die Hedonik bzw. den Ekel von Gerüchen zu sein.

Wie erwartet wurde durch die angenehme Berührung der primäre und sekundäre somatosensorische Kortex und die Insula posterior aktiviert. Unter dem Einfluss von Civette konnte man eine Korrelation zwischen dem somatosensorischen Kortex und der Hedonik von Civette finden. Je unangenehmer und tendenziell auch ekliger Civette empfunden wurde, desto stärker war der somatosensorische Kortex aktiviert. Weitere Bereiche, die mit der Einschätzung von Civette zusammenhingen waren die Amygdala, die Insula anterior und der orbitofrontale Kortex.

Aus diesen Ergebnissen schließen wir, dass die Einschätzung olfaktorischer Umwelteinflüsse Einfluss auf die neuronale Verarbeitung von Berührungen haben. An der Beurteilung sind wahrscheinlich die Amygdala, die Insula anterior und der orbitofrontale Kortex beteiligt. Diese Prozesse führen dann zur Regulierung der Verarbeitung in den somatosensorischen Regionen. Das ist ein Beispiel für Top-Down-Regulation von Berührung durch die individuelle Einschätzung von Umwelteinflüssen.

## Summary

Touch is ambivalent. Stroking can be perceived as intimate and soothing, as well as unpleasant or even dangerous, depending on the environment and conditions. From a previous study, by Croy, it is known that aversive odours can reduce the pleasantness of touch. The aim of this study was to examine how an unpleasant and disgusting odour influences the processing of touch. 20 healthy, normosmic participants, ranging from 21 to 36 years old (8 women, 12 men, mean age 24.0 years  $\pm$  3.6 SD) were scanned in a block design in five randomized runs: Civette odour only (which smells like feces), control odour only, slow stroking touch only, touch with Civette odour and touch with control odour. After being subjected to each condition, the participants had to rate the intensity and pleasantness of the odours, as well as how disgusting they were, followed by the intensity and pleasantness of the touch. Civette was rated significantly more unpleasant and disgusting than the control odour. The olfactory ratings were used in a psychophysiological interaction analysis. The comparison of the odours showed that Civette activated the orbitofrontal cortex more laterally, while the control odour had more intense activations in the anterior insula cortex. Furthermore, the amygdale was only activated by Civette and this activation correlated to how disgusting Civette was rated by the participants. Consequently the amygdale was an indicator for the hedonic level or rather how disgusting the odours were. As expected, stroking stimulation significantly activated the contralateral primary and secondary somatosensory cortex as well as the posterior insula. Under the influence of Civette there is a correlation between the somatosensory cortex and the hedonic level of Civette. The more unpleasant and disgusting the perception of the odour, the higher the activations found in somatosensory areas. Other brain areas which correlated to the valuation of Civette were the amygdale, the insula anterior and the orbitofrontal cortex. We conclude from these results that the olfactory environment influences the neuronal processing of touch. The results suggest that the amygdale, the insula anterior and the orbitofrontal cortex participate in the evaluation process. These lead to the regulation of processing in the somatosensory regions. This is an example of top-down regulation in touch processing by individual evaluation of the environment.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ackerley, R., H. Backlund Wasling, et al. (2014). "Human C-tactile afferents are tuned to the temperature of a skin-stroking caress." J Neurosci **34**(8): 2879-2883.
- Anderson, A. K., K. Christoff, et al. (2003). "Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction." Nat Neurosci **6**(2): 196-202.
- Bensafi, M., N. Sobel, et al. (2007). "Hedonic-specific activity in piriform cortex during odor imagery mimics that during odor perception." J Neurophysiol **98**(6): 3254-3262.
- Brunjes, P. C., K. R. Illig, et al. (2005). "A field guide to the anterior olfactory nucleus (cortex)." Brain Res Brain Res Rev **50**(2): 305-335.
- Buck, L. and R. Axel (1991). "A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition." Cell **65**(1): 175-187.
- Buck, L. B. (2004). "Olfactory receptors and odor coding in mammals." Nutr Rev **62**(11 Pt 2): S184-188; discussion S224-141.
- Calder, A. J., J. Keane, et al. (2000). "Impaired recognition and experience of disgust following brain injury." Nat Neurosci **3**(11): 1077-1078.
- Chang, L. J., T. Yarkoni, et al. (2013). "Decoding the role of the insula in human cognition: functional parcellation and large-scale reverse inference." Cereb Cortex **23**(3): 739-749.
- Churchill, M., Griffiths, Bailey (2009). "The cross-modal effect of fragrance in shampoo: Modifying the perceived feel of both product and hair during and after washing." Food Quality and Preference **20**(4): 320-328.
- Craig, A. D. (2009). "How do you feel--now? The anterior insula and human awareness." Nat Rev Neurosci **10**(1): 59-70.
- Croy, I., S. D. Angelo, et al. (2014). "Reduced pleasant touch appraisal in the presence of a disgusting odor." PLoS One **9**(3): e92975.
- Croy, I., D. Buschhuter, et al. (2010). "Individual significance of olfaction: development of a questionnaire." Eur Arch Otorhinolaryngol **267**(1): 67-71.
- Croy, I., K. Laqua, et al. (2013). "The sensory channel of presentation alters subjective ratings and autonomic responses toward disgusting stimuli-Blood pressure, heart rate and skin conductance in response to visual, auditory, haptic and olfactory presented disgusting stimuli." Front Hum Neurosci **7**: 510.
- Croy, I., W. Mabooshe, et al. (2013). "Habituation effects of pleasant and unpleasant odors." Int J Psychophysiol **88**(1): 104-108.
- Croy, I., S. Olgun, et al. (2011). "Basic emotions elicited by odors and pictures." Emotion **11**(6): 1331-1335.
- de Araujo, I. E., E. T. Rolls, et al. (2005). "Cognitive modulation of olfactory processing." Neuron **46**(4): 671-679.
- de Groot, J. H., M. A. Smeets, et al. (2012). "Chemosignals communicate human emotions." Psychol Sci **23**(11): 1417-1424.
- Dematte, M. L., R. Osterbauer, et al. (2007). "Olfactory cues modulate facial attractiveness." Chem Senses **32**(6): 603-610.
- Dematte, M. L., D. Sanabria, et al. (2006). "Cross-modal interactions between olfaction and touch." Chem Senses **31**(4): 291-300.
- Eickhoff, S. B., C. Grefkes, et al. (2008). "Functional lateralization of face, hand, and trunk representation in anatomically defined human somatosensory areas." Cereb Cortex **18**(12): 2820-2830.
- Eickhoff, S. B., C. Grefkes, et al. (2007). "The somatotopic organization of cytoarchitectonic areas on the human parietal operculum." Cereb Cortex **17**(8): 1800-1811.
- Eickhoff, S. B., S. Jbabdi, et al. (2010). "Anatomical and functional connectivity of cytoarchitectonic areas within the human parietal operculum." J Neurosci **30**(18): 6409-6421.
- Eickhoff, S. B., K. E. Stephan, et al. (2005). "A new SPM toolbox for combining probabilistic cytoarchitectonic maps and functional imaging data." Neuroimage **25**(4): 1325-1335.

- Ellingsen, D. M., J. Wessberg, et al. (2014). "In touch with your emotions: oxytocin and touch change social impressions while others' facial expressions can alter touch." Psychoneuroendocrinology **39**: 11-20.
- Ellingsen, D. M., J. Wessberg, et al. (2013). "Placebo improves pleasure and pain through opposite modulation of sensory processing." Proc Natl Acad Sci U S A **110**(44): 17993-17998.
- Francis, S., E. T. Rolls, et al. (1999). "The representation of pleasant touch in the brain and its relationship with taste and olfactory areas." Neuroreport **10**(3): 453-459.
- Gallace, A. and C. Spence (2010). "The science of interpersonal touch: an overview." Neurosci Biobehav Rev **34**(2): 246-259.
- Garavan, H., J. C. Pendergrass, et al. (2001). "Amygdala response to both positively and negatively valenced stimuli." Neuroreport **12**(12): 2779-2783.
- Gazzola, V., M. L. Spezio, et al. (2012). "Primary somatosensory cortex discriminates affective significance in social touch." Proc Natl Acad Sci U S A **109**(25): E1657-1666.
- Gottfried, J. A., R. Deichmann, et al. (2002). "Functional heterogeneity in human olfactory cortex: an event-related functional magnetic resonance imaging study." J Neurosci **22**(24): 10819-10828.
- Gottfried, J. A., J. O'Doherty, et al. (2003). "Encoding predictive reward value in human amygdala and orbitofrontal cortex." Science **301**(5636): 1104-1107.
- Gottfried, J. A. and D. H. Zald (2005). "On the scent of human olfactory orbitofrontal cortex: meta-analysis and comparison to non-human primates." Brain Res Brain Res Rev **50**(2): 287-304.
- Grabenhorst, F., E. T. Rolls, et al. (2010). "How the brain represents the reward value of fat in the mouth." Cereb Cortex **20**(5): 1082-1091.
- Guest, S., F. Grabenhorst, et al. (2007). "Human cortical representation of oral temperature." Physiol Behav **92**(5): 975-984.
- Haehner, A., Maaß, H., Croy, I., Hummel, T. (2014). Men and Women React Differently to Room Fragrances.
- Hamann, S. and H. Mao (2002). "Positive and negative emotional verbal stimuli elicit activity in the left amygdala." Neuroreport **13**(1): 15-19.
- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H. & Keller, F. (1994). Beck-Depressions-Inventar (BDI). Testhandbuch. Bern, Huber.
- Heining, M., A. W. Young, et al. (2003). "Disgusting smells activate human anterior insula and ventral striatum." Ann N Y Acad Sci **1000**: 380-384.
- Herz, R. S. (2009). "Aromatherapy facts and fictions: a scientific analysis of olfactory effects on mood, physiology and behavior." Int J Neurosci **119**(2): 263-290.
- Hummel, T., K. Fließbach, et al. (2010). "Olfactory fMRI in patients with Parkinson's disease." Front Integr Neurosci **4**: 125.
- Hummel, T., B. Sekinger, et al. (1997). "'Sniffin' sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold." Chem Senses **22**(1): 39-52.
- Hummel, T., Welge-Lüssen, A. (2008). Riech- und Schmeckstörungen: Physiologie, Pathophysiologie und therapeutische Ansätze. Stuttgart, Thieme.
- Hummel, W.-L. (2008). Riech- und Schmeckstörungen. Stuttgart, Thieme.
- Jafek, B. W., B. Murrow, et al. (2002). "Biopsies of human olfactory epithelium." Chem Senses **27**(7): 623-628.
- Kakuda, N. (1992). "Conduction velocity of low-threshold mechanoreceptive afferent fibers in the glabrous and hairy skin of human hands measured with microneurography and spike-triggered averaging." Neurosci Res **15**(3): 179-188.
- Keller, A., H. Zhuang, et al. (2007). "Genetic variation in a human odorant receptor alters odour perception." Nature **449**(7161): 468-472.
- Kelly, C., R. Toro, et al. (2012). "A convergent functional architecture of the insula emerges across imaging modalities." Neuroimage **61**(4): 1129-1142.

- Kepecs, A., N. Uchida, et al. (2006). "The sniff as a unit of olfactory processing." Chem Senses **31**(2): 167-179.
- Kettenmann, B., C. Mueller, et al. (2005). "Odor and taste interaction on brain responses in humans." Chem Senses **30 Suppl 1**: i234-235.
- Klinke, P., Kurtz, Silbernagl (2009). Physiologie. Stuttgart, Thieme.
- Kurth, F., K. Zilles, et al. (2010). "A link between the systems: functional differentiation and integration within the human insula revealed by meta-analysis." Brain Struct Funct **214**(5-6): 519-534.
- Lane, A. P., G. Gomez, et al. (2002). "The superior turbinate as a source of functional human olfactory receptor neurons." Laryngoscope **112**(7 Pt 1): 1183-1189.
- Leithner (2003). Untersuchung der Sauerstoffkonzentrationsveränderungen in der Mikrozirkulation des Hirnkortex von Ratten bei funktioneller Stimulation mittels Phosphorescence Quenching. Berlin, Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität.
- Leithner, C. (2003). Untersuchung der Sauerstoffkonzentrationsveränderungen in der Mikrozirkulation des Hirnkortex von Ratten bei funktioneller Stimulation mittels Phosphorescence Quenching, Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin.
- Leopold, D. A., T. Hummel, et al. (2000). "Anterior distribution of human olfactory epithelium." Laryngoscope **110**(3 Pt 1): 417-421.
- Lindgren, L., G. Westling, et al. (2012). "Pleasant human touch is represented in pregenual anterior cingulate cortex." Neuroimage **59**(4): 3427-3432.
- Loken, L. S., J. Wessberg, et al. (2009). "Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans." Nat Neurosci **12**(5): 547-548.
- Lüllmann-Rauch (2003). Histologie. Stuttgart, Thieme.
- Lüllmann-Rauch (2012). Taschenlehrbuch Histologie. Stuttgart, Thieme.
- Mainland, J. and N. Sobel (2006). "The sniff is part of the olfactory percept." Chem Senses **31**(2): 181-196.
- Maldjian, J. A., P. J. Laurienti, et al. (2003). "An automated method for neuroanatomic and cytoarchitectonic atlas-based interrogation of fMRI data sets." Neuroimage **19**(3): 1233-1239.
- McCabe, C., E. T. Rolls, et al. (2008). "Cognitive influences on the affective representation of touch and the sight of touch in the human brain." Soc Cogn Affect Neurosci **3**(2): 97-108.
- Morrison, I., L. S. Loken, et al. (2011). "Reduced C-afferent fibre density affects perceived pleasantness and empathy for touch." Brain **134**(Pt 4): 1116-1126.
- Mujica-Parodi, L. R., H. H. Strey, et al. (2009). "Chemosensory cues to conspecific emotional stress activate amygdala in humans." PLoS One **4**(7): e6415.
- Negoias, S., I. Croy, et al. (2010). "Reduced olfactory bulb volume and olfactory sensitivity in patients with acute major depression." Neuroscience **169**(1): 415-421.
- O'Doherty, J., E. T. Rolls, et al. (2000). "Sensory-specific satiety-related olfactory activation of the human orbitofrontal cortex." Neuroreport **11**(4): 893-897.
- Oaten, M., R. J. Stevenson, et al. (2009). "Disgust as a disease-avoidance mechanism." Psychol Bull **135**(2): 303-321.
- Ogawa, S., T. M. Lee, et al. (1990). "Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation." Proc Natl Acad Sci U S A **87**(24): 9868-9872.
- Olausson, H., Y. Lamarre, et al. (2002). "Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex." Nat Neurosci **5**(9): 900-904.
- Olsen, R. K., S. N. Moses, et al. (2012). "The hippocampus supports multiple cognitive processes through relational binding and comparison." Front Hum Neurosci **6**: 146.
- Parma, V., R. Tirindelli, et al. (2012). "Subliminally perceived odours modulate female intrasexual competition: an eye movement study." PLoS One **7**(2): e30645.
- Poellinger, A., R. Thomas, et al. (2001). "Activation and habituation in olfaction--an fMRI study." Neuroimage **13**(4): 547-560.

- Provitera, V., M. Nolano, et al. (2007). "Myelinated nerve endings in human skin." Muscle Nerve **35**(6): 767-775.
- Rolls, E. T. (2008). "Functions of the orbitofrontal and pregenual cingulate cortex in taste, olfaction, appetite and emotion." Acta Physiol Hung **95**(2): 131-164.
- Rolls, E. T. (2010). "The affective and cognitive processing of touch, oral texture, and temperature in the brain." Neurosci Biobehav Rev **34**(2): 237-245.
- Rolls, E. T. (2010). "A computational theory of episodic memory formation in the hippocampus." Behav Brain Res **215**(2): 180-196.
- Rolls, E. T., M. L. Kringelbach, et al. (2003). "Different representations of pleasant and unpleasant odours in the human brain." Eur J Neurosci **18**(3): 695-703.
- Rolls, E. T., J. O'Doherty, et al. (2003). "Representations of pleasant and painful touch in the human orbitofrontal and cingulate cortices." Cereb Cortex **13**(3): 308-317.
- Rorden, C., H. O. Karnath, et al. (2007). "Improving lesion-symptom mapping." J Cogn Neurosci **19**(7): 1081-1088.
- Royet, J. P., J. Plailly, et al. (2003). "fMRI of emotional responses to odors: influence of hedonic valence and judgment, handedness, and gender." Neuroimage **20**(2): 713-728.
- Royet, J. P., D. Zald, et al. (2000). "Emotional responses to pleasant and unpleasant olfactory, visual, and auditory stimuli: a positron emission tomography study." J Neurosci **20**(20): 7752-7759.
- Rozin, P. and A. E. Fallon (1987). "A perspective on disgust." Psychol Rev **94**(1): 23-41.
- Schienze, A., Walter, B. & Vaitl, D. (2002). Ein Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit (FEE). Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie **31**: 110-120.
- Seo, H. S., M. Guarneros, et al. (2011). "Attitudes toward Olfaction: A Cross-regional Study." Chem Senses **36**(2): 177-187.
- Seo, H. S. and T. Hummel (2011). "Auditory-olfactory integration: congruent or pleasant sounds amplify odor pleasantness." Chem Senses **36**(3): 301-309.
- Sepulcre, J., M. R. Sabuncu, et al. (2012). "Stepwise connectivity of the modal cortex reveals the multimodal organization of the human brain." J Neurosci **32**(31): 10649-10661.
- Seubert, J., T. Kellermann, et al. (2010). "Processing of disgusted faces is facilitated by odor primes: a functional MRI study." Neuroimage **53**(2): 746-756.
- Small, S. A., S. A. Schobel, et al. (2011). "A pathophysiological framework of hippocampal dysfunction in ageing and disease." Nat Rev Neurosci **12**(10): 585-601.
- Sprengelmeyer, R., M. Rausch, et al. (1998). "Neural structures associated with recognition of facial expressions of basic emotions." Proc Biol Sci **265**(1409): 1927-1931.
- Trepel (2011). Neuroanatomie: Struktur und Funktion, Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
- Trepel, M. (2012). Neuroanatomie - Struktur und Funktion. München, Urban & Fischer.
- Tricoli, C., H. Olausson, et al. (2013). "CT-optimized skin stroking delivered by hand or robot is comparable." Front Behav Neurosci **7**: 208.
- Tzourio-Mazoyer, N., B. Landeau, et al. (2002). "Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain." Neuroimage **15**(1): 273-289.
- Vallbo, A., H. Olausson, et al. (1993). "A system of unmyelinated afferents for innocuous mechanoreception in the human skin." Brain Res **628**(1-2): 301-304.
- Vargha-Khadem, F., D. G. Gadian, et al. (1997). "Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory." Science **277**(5324): 376-380.
- Villemure, C. and M. C. Bushnell (2009). "Mood influences supraspinal pain processing separately from attention." J Neurosci **29**(3): 705-715.
- Waldeck, F. (2005). Die molekularen Grundlagen der Geruchswahrnehmung - Wie wir riechen, was wir riechen. Biol. Unserer Zeit. Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Wedekind, C., T. Seebeck, et al. (1995). "MHC-dependent mate preferences in humans." Proc Biol Sci **260**(1359): 245-249.
- Wicker, B., C. Keysers, et al. (2003). "Both of us disgusted in My insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust." Neuron **40**(3): 655-664.



- Wilhelm, F. H., A. S. Kochar, et al. (2001). "Social anxiety and response to touch: incongruence between self-evaluative and physiological reactions." Biol Psychol **58**(3): 181-202.
- Wilson, D. A. and R. J. Stevenson (2003). "Olfactory perceptual learning: the critical role of memory in odor discrimination." Neurosci Biobehav Rev **27**(4): 307-328.
- Winston, J. S., J. A. Gottfried, et al. (2005). "Integrated neural representations of odor intensity and affective valence in human amygdala." J Neurosci **25**(39): 8903-8907.
- Winston, J. S., J. O'Doherty, et al. (2003). "Common and distinct neural responses during direct and incidental processing of multiple facial emotions." Neuroimage **20**(1): 84-97.
- Zald, D. H. (2003). "The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli." Brain Res Brain Res Rev **41**(1): 88-123.
- Zald, D. H. and J. V. Pardo (1997). "Emotion, olfaction, and the human amygdala: amygdala activation during aversive olfactory stimulation." Proc Natl Acad Sci U S A **94**(8): 4119-4124.
- Zald, D. H. and J. V. Pardo (2000). "Functional neuroimaging of the olfactory system in humans." Int J Psychophysiol **36**(2): 165-181.
- Zelano, C., M. Bensafi, et al. (2005). "Attentional modulation in human primary olfactory cortex." Nat Neurosci **8**(1): 114-120.
- Zelano, C., J. Montag, et al. (2007). "Dissociated representations of irritation and valence in human primary olfactory cortex." J Neurophysiol **97**(3): 1969-1976.

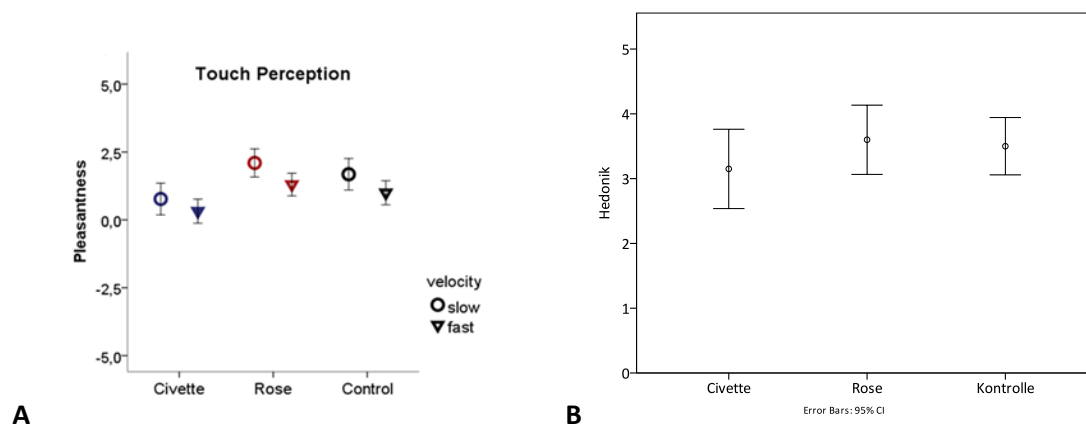
## 7 Anhang

**Abbildung 21: Vergleich der Hedonik-Wertungen dieser Studie und der Studie von Croy (Croy, Angelo et al. 2014)**

*A: Hedonik-Ergebnisse der Studie von Croy bei schneller und langsamer Geschwindigkeit*

*B: Hedonik-Ergebnisse dieser Studie*

a



## Abbildung 22: Anamnesebogen

Anamnese	Nr.
----------	-----

Bestehen oder bestanden folgende **Krankheitsbilder** ?

☐ nein

ja, folgende

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

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

☐ nein

ja, an

- |                                                                                                   |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <input type="checkbox"/> Nasennebenhöhlen                                                         | wann ?       |
| <input type="checkbox"/> Nasenscheidewand                                                         | wann ?       |
| <input type="checkbox"/> Nasenmuscheln                                                            | wann ?       |
| <input type="checkbox"/> Gaumenmandeln                                                            | wann ?       |
| <input type="checkbox"/> Rachenmandel ("Polypen")                                                 | wann ?       |
| <input type="checkbox"/> Mittelohr <input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links | wann ?       |
| <input type="checkbox"/> größere Zahnoperation .....                                              | wann ? ..... |
| <input type="checkbox"/> andere Operationen .....                                                 | .....        |

Trinken Sie **Alkohol** ?

☐ nein

☐ ja

☐ gelegentlich

☐ regelmäßig

**Rauchen** Sie ?

☐ nein, noch nie

☐ nein, nicht mehr seit .....Jahren..... ☐ ja seit

Nehmen Sie die **Pille**?

☐ nein, noch nie

☐ nein, nicht mehr seit .....Jahren..... ☐ ja seit

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

☐ nein, noch nie

☐ ja, gegenüber was ? .....

### 1 Riechen

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

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| sehr gut .....               | <input type="checkbox"/> |
| deutlich besser .....        | <input type="checkbox"/> |
| etwas besser .....           | <input type="checkbox"/> |
| normal .....                 | <input type="checkbox"/> |
| etwas schlechter .....       | <input type="checkbox"/> |
| deutlich schlechter .....    | <input type="checkbox"/> |
| sehr schlecht .....          | <input type="checkbox"/> |
| keine Riechwahrnehmung ..... | <input type="checkbox"/> |

**Abbildung 25: Fragebogen zur Geruchsbedeutung**

	Trifft vollkommen	Trifft überwiegend	Trifft eher nicht zu	Trifft überhaupt
Der Geruch einer Person entscheidet mit darüber, ob er/ sie mir sympathisch ist.				
Ich beurteile, ob Lebensmittel verdorben sind, indem ich an Ihnen rieche.				
Ich schnuppere an Speisen, ehe ich sie esse.				
Stellen Sie sich vor, Sie besuchen ein Museum. Es wird angeboten, für den Aufpreis von 2,00 € zusätzlich Geruchsdarbietungen zu erhalten, die den Gesamteindruck unterstreichen. Würden Sie sich für dieses Angebot entscheiden?				
Wenn der Geruch eines Shampoos mir nicht gefällt, kaufe ich es nicht.				
Wenn ich etwas Leckerer zu Essen rieche, bekomme ich Hunger.				
Ohne Geruchssinn wäre mein Leben nicht mehr lebenswert.				
Ich versuche herauszufinden, wo ein Geruch herkommt, wenn ich auf der Straße Rauch rieche.				
Ich fühle mich schnell durch Gerüche in meiner Umgebung gestört.				
Bestimmte Gerüche lösen bei mir sofort eine Menge von Erinnerungen aus.				
Ehe ich Kaffee/Tee trinke, atme ich bewusst den Geruch ein.				
Beim Kauf von Tomaten achte ich auf deren Geruch.				
Wenn mein Partner unangenehm riecht, vermeide ich es, ihn zu küssen.				
Bestimmte Gerüche lösen bei mir starke Gefühle aus.				
Ich rieche an meiner Kleidung um festzustellen, ob sie gewaschen werden muss.				
Wenn es im Zimmer eines Arbeitskollegen unangenehm riecht, verlasse ich den Raum möglichst schnell.				
Bestimmte Gerüche können meine Phantasie anregen.				
Es ist mir wichtiger, riechen zu können, als sehen oder hören zu können.				
Manchmal rieche ich an einer Person in meinem Umkreis (z.B. mein Partner/ mein Kind), um festzustellen, ob sie getrunken oder geraucht hat.				
An gut riechenden Kerzen kann ich im Laden nicht vorbei gehen, ohne mir eine zu kaufen.				

**Appendix: Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit (FEE)**

Im Folgenden werden verschiedene Situationen beschrieben.

Bitte stufen Sie ein, wie eklig diese Situationen für Sie wären.

0 - nicht eklig

4 - sehr eklig

0      4

1. Sie beobachten, wie sich eine Person nach dem Gang zur Toilette nicht die Hände wäscht. .... \_ \_ \_ \_ \_
2. Sie beißen in eine gegrillte Heuschrecke. .... \_ \_ \_ \_ \_
3. Sie riechen Erbrochenes. .... \_ \_ \_ \_ \_
4. Sie entfernen eine tote haarige Spinne aus Ihrer Wohnung. .... \_ \_ \_ \_ \_
5. Im Bus setzt sich jemand neben Sie, der intensiv nach Schweiß riecht. .... \_ \_ \_ \_ \_
6. Sie gehen in eine Gruft, in der Särge stehen. .... \_ \_ \_ \_ \_
7. Sie essen ein Steak, bei dem das Innere noch blutig ist. .... \_ \_ \_ \_ \_
8. Sie probieren, Affenfleisch zu essen. .... \_ \_ \_ \_ \_
9. Ein Bekannter erzählt ihnen, daß er grundsätzlich kein Deo verwendet. .... \_ \_ \_ \_ \_
10. Sie sehen eine Kakerlake im Haus eines anderen. .... \_ \_ \_ \_ \_
11. Sie hören, wie sich jemand mit Schleim im Rachen räuspert. .... \_ \_ \_ \_ \_
12. Sie beobachten wie sich jemand übergibt. .... \_ \_ \_ \_ \_
13. Sie berühren einen toten Körper. .... \_ \_ \_ \_ \_
14. Sie berühren mit einem Teil ihres Körpers die Klobrille in einer öffentlichen Toilette..... \_ \_ \_ \_ \_
15. Sie gehen in ihr Lieblingsrestaurant und finden heraus, daß der Koch erkältet ist. .... \_ \_ \_ \_ \_
16. Sie fahren in einem Leichenwagen mit. .... \_ \_ \_ \_ \_
17. Sie haben einen Löffel Suppe gegessen als Sie mit der Zunge ein Haar spüren. .... \_ \_ \_ \_ \_
18. Sie holen einen Topf aus dem Kühlschrank und öffnen ihn. Der Geruch von verdorbenem Essen zieht Ihnen in die Nase. .... \_ \_ \_ \_ \_
19. Eine Person mit schmutzigen Fingernägeln reicht ihnen ein Buch. .... \_ \_ \_ \_ \_
20. Während eines Waldspaziergangs sehen Sie einen verwesenen Tierkadaver. .... \_ \_ \_ \_ \_
21. Als Unfallhelfer sollen Sie eine stark blutende Wunde abdrücken. .... \_ \_ \_ \_ \_

Im folgenden werden weitere Situationen beschrieben.

Bitte stufen Sie ein, wie eklig diese Situationen für Sie wären.

0 – nicht eklig

4 – sehr eklig

0      4

22. Ihnen zieht ein unangenehmer Geruch in die Nase. Sie blicken an sich herab und sehen, daß Sie in einen Hundehaufen getreten sind. .... \_ \_ \_ \_ \_
23. Sie benutzen eine stark verschmutzte Autobahntoilette. .... \_ \_ \_ \_ \_
24. Sie fassen den Totenschädel eines Menschen an. .... \_ \_ \_ \_ \_
25. Eine Person mit starkem Mundgeruch spricht Sie an. .... \_ \_ \_ \_ \_
26. Sie haben versehentlich den Stumpf eines amputierten Mannes berührt. .... \_ \_ \_ \_ \_
27. Sie sehen wie jemand Ketchup über ein Vanilleeis gießt und es ißt. .... \_ \_ \_ \_ \_
28. Sie sind gerade dabei, ein Glas Milch zu trinken als Sie riechen, daß sie verdorben ist. .... \_ \_ \_ \_ \_
29. Sie sehen Maden auf einem Stück Fleisch draußen in einem Mülleimer. .... \_ \_ \_ \_ \_
30. Sie laufen barfuß auf der Straße und treten auf einen Regenwurm. .... \_ \_ \_ \_ \_
31. Während Sie durch eine Bahnunterführung gehen, riechen Sie Urin. .... \_ \_ \_ \_ \_
32. Versehentlich berühren Sie die Asche einer Person, die eingeäschert wurde. .... \_ \_ \_ \_ \_
33. Sie sind hungrig. Vor ihnen steht ein Teller ihrer Lieblingssuppe, die mit einer benutzten, aber gründlich gewaschenen Fliegenklatsche gerührt wurde. .... \_ \_ \_ \_ \_
34. Sie sehen eine Person mit sehr fettigen Haaren. .... \_ \_ \_ \_ \_
35. In einem Restaurant sehen Sie jemanden, der unansehnliches Essen mit seinen Fingern ißt. .. \_ \_ \_ \_ \_
36. Sie finden heraus, daß ein Freund von Ihnen nur einmal in der Woche seine Unterhosen wechselt. .... \_ \_ \_ \_ \_
37. Sie nehmen rohes Eiweiß in den Mund. .... \_ \_ \_ \_ \_

**Abbildung 24: Fragebogen zur Wahrnehmung von Körperkontakt**

	trifft gar nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft mäßige zu	trifft eher zu	trifft voll zu
Ich mag es generell, wenn Menschen ihre Zuneigung zu mir körperlich ausdrücken.					
Ich fühle mich unwohl, wenn mich jemand, den ich nicht gut kenne, umarmt.					
Ich werde nervös, wenn ein Bekannter nach dem Händeschütteln meine Hand festhält.					
Ich suche generell Körperkontakt mit anderen.					
Ich schäme mich, wenn ich jemanden berühren muss, um seine Aufmerksamkeit zu bekommen.					
Ich schätze mich selbst als eine körper-/gefühlsbetonte Person ein.					
Es verärgert mich, wenn mich jemand unerwartet anfasst.					
Ich fühle mich unwohl, wenn mich ein Professor in der Öffentlichkeit an die Schulter fasst.					
Ich freue mich, wenn ich einem gestressten Freund den Nacken massieren kann.					
Ich fühle mich unwohl, wenn ich mit einem Fremden im Bus/in der Straßenbahn Körperkontakt habe.					
Ich mag es, in vertraulichen Situationen gestreichelt zu werden.					
Als Kind wurde ich oft von Familienmitgliedern (Eltern, Geschwistern) geknuddelt.					
Ich würde es lieber vermeiden, Fremden die Hand zu geben					
Ich begrüße meine engen Freunde mit Küsschen.					
Ich finde es angenehm, Leute zu berühren, die ich nicht kenne.					
Ich finde es abstoßend, wenn Paare in der Öffentlichkeit intim werden.					
Ich würde mich fürchten, wenn jemand, den ich bisher nur flüchtig kenne, meine Hand fassen würde.					
Wenn ich die Mittel dazu hätte, würde ich mich wöchentlich professionell massieren lassen					
Ich hasse es gekitzelt zu werden.					
Ich mag es Tiere zu streicheln.					

**Tabelle 3: Ergebnisse der Fragebögen**

	Mittelwert	Standard- abweichung	Maximum	Minimum
Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung	35,00	5,41	42,00	21,00
Fragebogen zur Wahrnehmung von Körperkontakt	29,90	10,30	60,00	14,00
Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit	69,80	15,23	96,00	41,00
Beck-Depressions-Inventar	3,55	3,28	13,00	0,00

**Tabelle 4: Ratings der Gerüche und Berührungen**

		Mittelwert	Standard- abweichung	Maximum	Minimum
Rose	Hedonik	1,35	2,06	5,00	-3,00
	Intensität	4,60	1,76	9,00	2,00
	Ekel	2,00	1,95	6,00	,00
Civette	Hedonik	-,20	1,96	3,00	-3,00
	Intensität	4,75	2,00	8,00	1,00
	Ekel	3,45	2,56	7,00	,00
Berührung	Hedonik	3,50	,95	5,00	1,00
	Intensität	4,60	2,06	10,00	2,00
Berührung + Rose	Hedonik	3,60	1,14	5,00	1,00
	Intensität	4,85	1,66	8,00	2,00
Berührung + Civette	Hedonik	3,15	1,31	5,00	,00
	Intensität	4,80	1,85	10,00	2,00

**Tabelle 5: Ratings der Gerüche nach Geschlecht**



		Geschlecht	Mittelwert	Standard- abweichung
Intensität	Civette	Frauen	4,2500	1,98206
		Männer	5,0833	2,02073
	Rose	Frauen	5,1250	1,95941
		Männer	4,2500	1,60255
Hedonik	Civette	Frauen	-1,1250	1,72689
		Männer	,4167	1,92865
	Rose	Frauen	1,3750	2,19984
		Männer	1,3333	2,05971
Ekel	Civette	Frauen	2,6250	2,26385
		Männer	4,0000	2,69680
	Rose	Frauen	,7500	1,38873
		Männer	2,8333	1,85047

**Tabelle 6: Ratings der Berührungen nach Geschlecht**

		Geschlecht	Mittelwert	Standard- abweichung
Intensität	Berührung	Frauen	3,6250	,91613
		Männer	5,2500	2,37888
	Berührung + Civette	Frauen	4,1250	,99103
		Männer	5,2500	2,17945
	Berührung + Rose	Frauen	4,2500	,70711
		Männer	5,2500	2,00567
Hedonik	Berührung	Frauen	3,7500	,46291
		Männer	3,3333	1,15470
	Berührung + Civette	Frauen	3,2500	1,03510
		Männer	3,0833	1,50504
	Berührung + Rose	Frauen	3,7500	,70711
		Männer	3,5000	1,38170

**Tabelle 7: Areale der Gerüche und Berührungen**

Clustergröße	MNI Koordinaten
--------------	-----------------

		x	y	z
<b><u>Civette</u></b>				
Gyrus frontalis medialis	405	38	34	21
	25	-44	48	2
	8	-39	13	58
Gyrus frontalis inferior	303	-43	28	23
	9	42	18	20
	7	52	19	34
Gyrus frontalis superior rechts	7	21	17	62
	7	-11	15	56
Gyrus occipitalis medialis links	35	-29	-67	42
Lobulus parietalis inferior	49	43	-62	59
	14	41	-54	45
	5	-50	-61	53
Lobulus parietalis superior	6	-28	-73	58
Nucleus cadatus	22	18	-10	26
hIP1 rechts				
Cerebellum	51	-9	-79	-20
	4	-35	-67	-25
<b><u>Rose</u></b>				
Gyrus frontalis medialis	55	-38	7	42
	3	-39	17	43
Gyrus frontalis inferior	4	-55	18	22
Gyrus temporalis medialis	9	61	-45	0
Gyrus precentralis	8	47	-4	35
Lobulus parietalis inferior	72	55	-46	51
	40	35	-49	39
Cortex cingularis anterior links	7	-10	29	6
Nucleus caudatus links	30	-12	6	15
Putamen rechts	12	29	6	18
Operculum	3	55	-1	14
Cerebellum	109	-12	-82	-20
<b><u>Berührung</u></b>				
Lobus parietalis inferior	29	45	-44	50

	6	-51	-46	60
<b><u>Berührung+Civette</u></b>				
Lobus parietalis inferior	300	-44	-60	53
Gyrus frontalis inferior	197	-52	22	18
	12	45	46	-3
Gyrus frontalis medialis	24	39	54	13
	10	45	25	44
	8	51	23	38
Gyrus orbitalis inferior	178	-42	46	0
SMA	18	-7	11	64
Cerebellum	43	27	-72	-21
	3	9	-83	-10
	32	-9	-81	-21
	8	-37	-72	-24
<b><u>Berührung+Rose</u></b>				
IPC – Lobulus parietalis inferior	300	-44	-60	53
Gyrus frontalis inferior	197	-52	22	18
Gyrus frontalis inferior	12	45	46	-3
Gyrus frontalis medialis	24	39	54	13
	10	45	25	44
	8	51	23	38
Gyrus orbitalis medialis	178	-42	46	0
SMA	18	-7	11	64
Cerebellum	43	27	-72	-21
	3	9	-83	-19
	32	-9	-81	-21
	8	-37	-72	-24
<b><u>BR-BC</u></b>				
Gyrus precentralis	57	-39	-10	48
Gyrus medialis superior	27	1	36	40
Gyrus angularis	8	-45	-80	-27
Cerebellum	3	9	-51	-27