

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
Direktor: Herr Prof. Dr. med. Dr. h.c. Thomas Zahnert

Zusammenhänge von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeit

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

Maria Springborn

aus Berlin

Dresden 2013

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung:

gez.: _____

Vorsitzender der Prüfungskommission

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	6
2 GRUNDLAGEN	12
2.1 Das olfaktorische System.....	12
2.1.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Riechens	12
2.1.2 Erfassung der Riechfunktion.....	15
2.2 Das trigeminale System	17
2.2.1 Anatomische und physiologische Grundlagen.....	17
2.2.2 Messung der trigeminalen Funktion mithilfe des Olfaktometers .	21
2.3 Das gustatorische System	23
2.3.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Schmeckens	23
2.3.2 Erfassung der Schmeckfunktion	26
2.4 Das somatosensorische System	27
2.4.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Fühl- und Tastsinns	27
2.4.2 Grundlagen der Nozizeption	31
2.5 Persönlichkeit und Möglichkeiten ihrer Beschreibung	33
2.5.1 Der NEO-FFI	34
3 MATERIAL UND METHODEN.....	37
3.1 Studiendesign	37
3.2 Probanden	37
3.2.1 Allgemeines	37
3.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien	38
3.2.3 Teilnahme an den Einzelmessungen.....	38
3.2.4 Anamnesebogen	39
3.3 Versuchsablauf	39
3.4 Messmethoden.....	40
3.4.1 Allgemeines	40
3.4.2 Riechtest.....	40
3.4.3 Schmecktest	43
3.4.4 Messung der trigeminalen Sensibilität	45
3.4.5 Messung der kutanen Sensibilität.....	47

3.5 Persönlichkeitsfragebogen	49
3.6 Statistische Methoden	50
4 ERGEBNISSE.....	52
4.1 Probanden	52
4.1.1 Ergebnisse aus dem Anamnesebogen	52
4.2 Schwellenuntersuchungen	54
4.2.1 Riechschwelle.....	54
4.2.2 Schmeckschwelle	54
4.2.3 Trigeminale Sensibilität.....	55
4.2.4 Kutane Sensibilität.....	55
4.2.5 Tabellarische Darstellung der Schwellendaten.....	55
4.2.6 Geschlechtsunterschiede der Wahrnehmungsschwellen	56
4.3 Persönlichkeitsmerkmale	61
4.3.1 Persönlichkeitsmerkmale in der Gesamtstichprobe	61
4.3.2 Geschlechtsunterschiede bei den Persönlichkeitsmerkmalen	62
4.4 Korrelation der Wahrnehmungsschwellen.....	64
4.5 Korrelation von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeitsmerkmalen	67
5 DISKUSSION.....	70
5.1 Diskussion der Probandenstichprobe, Methoden und deskriptiven Ergebnisse	70
5.1.1 Probanden	70
5.1.2 Methoden.....	71
5.1.3 Diskussion der deskriptiven Ergebnisse	73
5.1.4 Diskussion der Geschlechtsunterschiede	76
5.2 Diskussion der korrelativen Ergebnisse	78
5.2.1 Korrelation der Wahrnehmungsschwellen	78
5.2.2 Korrelation von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeit ...	80
5.3 Resümee und Ausblick	82
6 ZUSAMMENFASSUNG	84
6.1 Zusammenfassung.....	84
6.2 Summary.....	86

7 LITERATURVERZEICHNIS.....	89
8 DARSTELLUNGSVERZEICHNIS.....	98
8.1 Abbildungen	98
8.2 Tabellen	99
9 ANHANG	101
9.1 Publikationen.....	101
9.2 Levene-Test und T-Test.....	101
9.3 Erklärung zur Eröffnung des Promotionsverfahrens.....	103
9.4 Erklärung zur Einhaltung rechtlicher Vorschriften	104

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Grundlage für eine Interaktion eines jeden Lebewesens mit seiner Umwelt ist zunächst die Wahrnehmung derselben. Hierfür werden Informationen aufgenommen und verarbeitet. Dabei spielen neben dem visuellen und auditiven System das olfaktorische, gustatorische und taktile System eine wichtige Rolle. Was wir von unserer Umwelt wahrnehmen und wie wir diese Reize verarbeiten, aber auch ob diese Verarbeitung der Modulation durch unsere individuelle Persönlichkeit unterliegt, stellt den wichtigsten Einflussfaktor auf unser Denken und Handeln dar und somit auf das Leben selbst.

Ziel der Studie war es, sich der Frage zu nähern, ob so etwas wie eine „sensible Persönlichkeit“ existiert. Gibt es Menschen, die generell besonders empfindlich sind für Reize aus der Umwelt, seien diese olfaktorisch, gustatorisch oder taktil? Sind wiederum andere Personen gänzlich unempfindlich gegenüber diesen Reizen und ist auch deren Schmerzwahrnehmung auf verschiedenen Ebenen generell herabgesetzt? Und wenn es diese generell sensiblen oder unsensiblen Menschen gibt, lassen sich ihnen bestimmte Persönlichkeitsmerkmale zuordnen?

Zunächst ist nicht von der Hand zu weisen, dass Menschen subjektiv und objektiv eine große Spannbreite in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Umweltreizen aufweisen. Bereits mehrere Studien haben dies, was das individuelle Seh-, Hör-, Riech- und Schmeckvermögen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht und Gesundheitszustand des Menschen anbelangt, zeigen können. Beispielsweise treten im Alter durch Degeneration des Riechepithels häufig Riechstörungen bis hin zur Anosmie auf (Welge-Lüssen, 2009). Auch die individuelle Schmerzempfindlichkeit und Schmerzschwelle sind sehr unterschiedlich. So bestehen beispielsweise große Geschlechtsunterschiede nicht nur, was die Schmerzwahrnehmung betrifft, sondern möglicherweise auch, was das Ansprechen auf eine Schmerzbehandlung angeht (Fillingim et al. 2009).

Schmerz ist jedoch nicht gleich Schmerz. Dies zeigen Studien, die sich mit den möglichen Zusammenhängen unterschiedlicher Schmerzschwellen auseinandersetzen und die Frage nach einer generell verstärkt schmerzempfindlichen Persönlichkeit stellen. Hierzu wurden in den letzten Jahren teilweise kontroverse Aussagen gemacht. So zeigten Lautenbacher et al., dass Patienten mit einem chronischen Schmerzsyndrom, hier Fibromyalgiepatienten, auf Hitzereize auch an Stellen, die nicht zu den typischen Schmerzpunkten zählen, generell schmerzempfindlicher reagierten als die gesunde Vergleichspopulation. Im Gegensatz dazu bestand jedoch fast keine Korrelation zu den jeweiligen Wahrnehmungsschwellen für Wärme- oder Kältereize (Lautenbacher et al. 1994). Sind also manche Menschen gegenüber

unterschiedlichen Stimuli generell schmerzempfindlicher, aber nicht grundsätzlich sensibler, wenn es nur um die Reizwahrnehmung geht? Andere Studien stellen selbst erstere Teilaussage infrage. Beispielsweise konnten Janal et al. keine Korrelationen zwischen thermisch, elektrisch oder ischämisch provozierten Schmerzschwellen feststellen und konstatieren deswegen, dass eine Person nicht als generell schmerzempfindlich oder unempfindlich eingestuft werden kann (Janal et al. 1994). Eine aktuelle Studie aus dem Jahr 2008 von Neddermeyer et al. zeigt jedoch, dass verschiedene Schmerzschwellen signifikant miteinander korrelieren und in der Hälfte ihrer statistischen Varianz übereinstimmen (Neddermeyer et al. 2008).

Man könnte also zumindest auf der Ebene der Schmerzempfindlichkeit eine Person durchaus als sensibel und andere Personen wiederum als unempfindlich bezeichnen. Die Frage bleibt jedoch offen, ob es auch Zusammenhänge zu eindeutig nicht schmerzhaften Stimuli, beispielsweise olfaktorischen oder gustatorischen Reizen, gibt. Hinweise hierauf zeigen sich in zahlreichen Einzelstudien. Beispielsweise besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer niedrigen Schmeckschwelle für die Geschmacksqualität „bitter“ (verwendeter Geschmacksstoff Propylthiouracil) und der Schmerzintensität (gemessen anhand der numerischen Schmerzskala von 0-10) während der Injektion von Propofol bzw. während der Venenpunktion zur Anlage einer 20G-Venenverweilkanüle (Erden et al. 2007). Des Weiteren wurden auch signifikante Zusammenhänge zwischen der taktilen Wahrnehmungsschwelle und der taktilen Schmerzschwelle (Bestimmung mittels Filamentstichinstrument sowie Druck) auf der den Massetermuskel bedeckenden Gesichtshaut nachgewiesen (Komiya et al. 2006).

Auch was die Verknüpfung von Riechen und Schmerzwahrnehmung betrifft, existieren sowohl anatomische als auch molekularbiologische Überschneidungspunkte, die mehrfach wissenschaftlich hinterfragt und bestätigt wurden. Vertreter der TRP-Rezeptorfamilie (TRP = transient receptor potential), z.B. Vanilloid receptor-like channel (VRL), die maßgeblich an der Erkennung schmerzzeugender, gewebsschädigender Noxen wie Hitze beteiligt sind (Julius & Basbaum 2001; Patapoutian et al. 2009), finden sich beispielsweise auch im Bulbus olfactorius von Nagern (Mori et al. 1998). Ein ähnlicher Zusammenhang zeigt sich auch bei Cannabinoidrezeptoren vom Typ CB1, die eine entscheidende Rolle bei der endogenen sowie exogenen Modulation von Schmerzen spielen (Calignano et al. 1998). Auch diese Rezeptoren werden im Bulbus olfactorius von Versuchstieren, hier exemplarisch der Spezies *Xenopus laevis*, exprimiert (Cesa et al. 2001). Einen weiteren, sehr interessanten Überschneidungspunkt von Schmerzwahrnehmung und Riechvermögen stellt die seltene Mutation des SCN9A-Gens dar, welches für einen Natriumkanal (Nav_{1.7}) kodiert. Aus der rezessiv vererbten Mutation resultiert ein Funktionsverlust des Kanals („loss of function“) und

damit die angeborene Unfähigkeit Schmerzen zu empfinden (CIP- congenital indifference to pain). Gleichzeitig zeigen Mutationsträger eine gestörte Riechfunktion bis hin zur Anosmie, was darauf schließen lässt, dass dem Kanal eine wichtige Funktion im Riechepithel innewohnt (Goldberg et al. 2007; Nilsen et al. 2009).

Nicht zuletzt ist auch schon in mehreren Studien unter Verwendung der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) gezeigt worden, dass Riech- und Schmerzwahrnehmungen sich wichtige Repräsentationsorte im Gehirn teilen. Dazu gehören zum Beispiel präfrontaler Cortex, Thalamus und Inselregion (Apkarian et al. 2005; Gottfried, 2006). Dies gilt auch insbesondere für die Verarbeitung von trigeminalen und olfaktorischen Reizen in der Nasenhöhle. Hier spielt vor allem die ventrale Inselrinde als gemeinsamer Ort neuronaler Aktivierung nach entsprechender Reizdarbietung eine entscheidende Rolle. Diese Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass sowohl olfaktorische als auch trigeminale, intranasale (Schmerz-) Reize einer ähnlichen zentralen Verarbeitung unterliegen (Hummel et al. 2009a).

Zu den Zusammenhängen von Sensibilität gegenüber Umweltreizen und Persönlichkeit wurden in den letzten Jahren mehrere Modellvorstellungen entwickelt. Um diese vollständig nachvollziehen zu können, ist es zunächst einmal notwendig, sich mit der Beschreibung von Persönlichkeit an sich zu beschäftigen, was später in dieser Arbeit ausgeführt ist (siehe 2.5 Persönlichkeit und Möglichkeiten ihrer Beschreibung). An dieser Stelle sei nur einführend gesagt, dass ein sehr gebräuchliches und ökonomisches Modell hierfür die von Goldberg 1990 definierten sogenannten „Big Five“ darstellen. Es handelt sich dabei um 5 Persönlichkeitsdimensionen: Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit (Goldberg, 1990). Der von Costa und McCrae hierfür entwickelte Fragebogen NEO-FFI (Costa & McCrae 1992) wurde in der vorliegenden Arbeit verwendet und wird später noch genauer erläutert (siehe 2.5.1 Der NEO-FFI).

Bisher haben sich nur sehr vereinzelt Studien mit dem Zusammenhang von Wahrnehmungsschwellen und den Dimensionen des NEO-FFI auseinandergesetzt. Eine dieser Studien führten Paine et al. vor 4 Jahren durch. Sie untersuchten somatischen und viszeralen Schmerz bei 18 gesunden Freiwilligen, die zunächst den NEO-FFI ausfüllten. Nachfolgend wurden die Schmerzreize durch ösophageale Ballondilatation und Druck auf das Nagelbett appliziert. Gleichzeitig fand die Messung von Parametern des autonomen Nervensystems wie Blutdruck und Hautleitfähigkeit statt. Paine et al. fanden heraus, dass die vagale Antwort auf einen Schmerzreiz im distalen Ösophagus bei Probanden mit hohen Neurotizismuswerten im NEO-FFI signifikant höher ausfällt als bei weniger neurotischen Probanden (Paine et al. 2009).

Dass eine Korrelation zwischen Neurotizismus und erhöhter Schmerzempfindlichkeit bestehen könnte, ist in Hinblick auf die Warnfunktion des Schmerzes vor unter Umständen lebensbedrohender Gefahr ein auch ohne Hintergrundkenntnisse gut nachzuvollziehender Gedankengang. Wie sieht es jedoch mit Reizen aus, die rein chemosensorischer Natur sind und auch in hoher Konzentration keinen Schmerz auslösen, wie beispielsweise Riech- oder Schmeckstoffe? Hier gibt es bisher nur sehr wenige Studien, die sich gleichzeitig mit Persönlichkeitsvariablen auseinandersetzen. 2008 untersuchten Zverev et al. 60 gesunde Probanden, indem sie ihre Schmeckschwellen für die Qualitäten süß, salzig und bitter bestimmten und sie das Eysenck Persönlichkeitsinventar (Dimensionen Extraversion-Introversion und Neurotizismus) beantworten ließen. Es ergaben sich keine signifikanten Korrelationen bis auf eine negative Korrelation der Schmeckschwellen mit dem BMI der Probanden (Zverev & Mipando 2008). Auch Riechfunktion und Persönlichkeit wurden bisher selten untersucht. Zu diesem Thema existiert eine ältere Studie, bei der das Riechvermögen von 140 gesunden Probanden in Abhängigkeit von ihren Ergebnissen auf einer Extraversion-Introversionsskala getestet wurde. Es zeigte sich entgegen den vorherigen Erwartungen der Autoren eine positiv signifikante Korrelation von Riechvermögen und extrovertierter Persönlichkeit (Koelega, 1970).

Zu den Zusammenhängen von Sensibilität gegenüber Umweltreizen und Persönlichkeit wurde aber auch unabhängig von dem oben genannten Fünffaktoreninventar (Goldberg, 1990) bereits einige Forschung durchgeführt. Zentrale Begriffe sind in diesem Zusammenhang „sensory-processing sensitivity“ und „highly sensitive person“, die Ende der 90er Jahre von Aron et al. geprägt wurden. Die Forschungsgruppe konstatiert, dass der Unterschied in der Reaktion auf Umweltreize zwischen gemeinhin als intro- und extrovertiert geltenden Individuen nicht in deren besonderer Reizwahrnehmung liege, sondern in der unterschiedlichen Reizverarbeitung (Aron & Aron 1997). „Highly sensitive persons“ zeichneten sich durch starke Reflektion der Umwelt aus. Sie seien dagegen nicht als besonders ängstlich einzustufen (Aron & Aron 1997). Als Messinstrument entwickelten Aron et al. einen spezifischen SPS-Fragebogen (SPS = sensory-processing sensitivity), um die Zuordnung eines Individuums als „highly sensitive person“ zu ermöglichen. Dieser exploriert von den Autoren definierte Kerneigenschaften hochsensibler Personen. Dazu zählen beispielsweise eine besonders ausgeprägte und differenzierte Wahrnehmung der Umwelt, aber gleichzeitig auch schnelles Überforderungsgefühl und die starke Tendenz zur Reizüberflutung. Der Fragebogen bezieht zusätzlich auch körperliche Phänomene ein, wie zum Beispiel eine erhöhte Stimulierbarkeit durch Koffein oder eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit (Aron & Aron 1997). Smolewska et al. validierten den SPS-Fragebogen als valides und reliables Messinstrument für das SPS-Konstrukt und unterteilten das Modell der hochsensiblen Persönlichkeit in 3 Komponenten: Aesthetic sensitivity (AES),

Ease of Excitation (EOE) und Low Sensory Threshold (LST) (Smolewska, 2006). Es konnte in der selben Studie des Weiteren gezeigt werden, dass auch eine enge Beziehung der drei Komponenten zu den Big Five des Fünffaktoren-Modells der Persönlichkeit von Costa und McCrae besteht, welches in der vorliegenden Arbeit der Erfassung der Persönlichkeitsstruktur diene. AES korreliert vor allem mit der Persönlichkeitsdimension „Offenheit für Erfahrungen“, während EOE und LST mit der Dimension „Neurotizismus“ zusammenhängen (Smolewska, 2006). Auch in den Untersuchungen von Ahadi et al. konnte der Zusammenhang von LST und Neurotizismus gezeigt werden (Ahadi & Basharpour 2010).

Die bisher angeführten Studien untersuchten vor allem die Auswirkungen hoher Sensibilität auf Persönlichkeit, soziale Interaktion und geistige Gesundheit. Es bleibt jedoch zu klären, ob es tatsächlich auch biochemische oder neuronal-strukturelle Veränderungen gibt, durch die sich eine hochsensible Person auszeichnen könnte. Erste Hinweise lieferten Jagiellowicz et al. im Jahr 2011 in ihrer Studie zum Zusammenhang von SPS und neuronaler Antwort. Sie konnten zeigen, dass Personen mit einem hohen Testwert im SPS-Fragebogen sich im neuronalen Verarbeitungsprozess von Personen mit niedrigem Testwert unterscheiden: Wurden hochsensible Personen mit dem optischen Vergleich zweier Fotos beauftragt, wiesen sie im fMRT eine signifikant höhere Aktivierung in Arealen visueller Verarbeitung (z.B. rechtes Claustrum, links occipitotemporal, bilateral temporal sowie medialer und posteriorer Parietalcortex) auf (Jagiellowicz et al. 2011).

Die Frage nach einer generalisierten Anfälligkeit für Schmerzwahrnehmungen ist besonders in Hinblick auf die Entwicklung chronischer Schmerzen relevant, weswegen sich auch aktuellere Studien immer wieder mit dem Thema auseinandersetzen. Auch diagnostisch wäre es von großem Wert zu wissen, ob subjektive starke Schmerzen einer Person einem entsprechend schweren Krankheitsbild entsprechen. Hingegen verschiedene Wahrnehmungsschwellen (wie zum Beispiel die individuelle Riechschwelle mit der individuellen Schmerzschwelle) zusammen, so könnte mithilfe eines einfachen nichtinvasiven Schwellentests vorausgesagt werden, ob ein Patient besonders anfällig für das Entwickeln von Schmerzen ist. Dementsprechend könnte die Schmerztherapie bereits prophylaktisch angepasst werden. Noch einfacher wäre es, dies über einen kurzen Persönlichkeitstest einschätzen zu können. Teilweise sind solche Zusammenhänge wie oben erwähnt schon entdeckt worden. Bereits 1978 beschrieben Shiomi et al. eine positive Korrelation der Schmerzschwelle in kaltem Wasser mit hohen Neurotizismus-Werten im Maudsley-Persönlichkeitsinventar (Shiomi, 1978). Auch die bereits oben erwähnte, aktuelle Studie von Paine et al. belegt den Zusammenhang von Neurotizismus und verstärkter Reaktion des autonomen Nervensystems auf Schmerzreize. Die Autoren bringen dies in

Zusammenhang mit der Tendenz zur Entwicklung eines funktionalen viszeralen Schmerzsyndroms, was verstärkt bei neurotischen Patienten auftritt (Paine et al. 2009). Bei solchen Patienten könnte im Bedarfsfall eine entsprechend intensivierete Schmerztherapie oder aber auch eine psychologisch-psychiatrische Betreuung frühzeitig die Entwicklung chronischer Schmerzen verhindern. Auch die perioperative Therapie von Schmerzen könnte bei einfacher Vorhersagbarkeit einer „schmerzanfälligen Persönlichkeit“ im Voraus suffizient geplant werden, um die Entstehung von Schmerzen zu minimieren bzw. zu vermeiden.

Vorangehend wurden die aktuellen Untersuchungen auf den Gebieten der sensorischen Schwellen, Schmerzforschung und Persönlichkeitsforschung in Ausschnitten eingeführt. Die vorliegende Studie hat es sich zum Ziel gemacht, diese Forschungsfelder zu vereinen, um neue Zusammenhänge zwischen sensorischen Schwellen, Schmerzschwellen und Persönlichkeit aufzudecken und die bisher gefundenen Zusammenhänge zu stützen oder zu widerlegen.

2 Grundlagen

2.1 Das olfaktorische System

2.1.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Riechens

Riechen ist die Fähigkeit, Duftstoffe, flüchtige molekulare Verbindungen aus der Umwelt, über Chemorezeptoren aufzunehmen und die so entstandene Information ins Gehirn zu leiten, wo ein spezifischer Sinneseindruck entsteht. Die Bedeutung des Geruchssinns wurde früher oft unterschätzt. Jedoch kann ein Verlust des Riechvermögens zu einer allgemeinen Herabminderung der Lebensqualität führen und aktuelle Studien zeigen, dass ein Riechverlust häufig mit Depression und dadurch bedingter sexueller Dysfunktion einhergehen kann (Gudziol et al. 2009).

Der komplexe Vorgang der Geruchswahrnehmung beginnt im sogenannten Riechepithel, das sich in der Riechspalte, der Regio olfactoria, oberhalb der mittleren Nasenmuschel befindet. Die Riechschleimhaut ist aufgebaut aus mehrreihigem olfaktorischen Epithel, das von olfaktorischen Rezeptorneuronen (ORN) durchsetzt ist. Ihre Zahl liegt schätzungsweise bei etwa 30 Millionen (Hatt, 2004). Umgeben sind die ORN von Stützzellen und Basalzellen, die Grundlage der Regenerationsfähigkeit des Riechepithels sind. Die Schleimhaut enthält des Weiteren seröse Drüsen, sogenannte Bowman-Drüsen, die durch Sekretproduktion zur Aufrechterhaltung des extrazellulären Milieus und damit entscheidend zur Riechfunktion beitragen. So enthält das Drüsensekret unter anderem sogenannte „odorant binding proteins“, bei denen es sich um kleine Trägerproteine handelt, die volatile Duftstoffe binden und sie somit den entsprechenden Rezeptoren besser zugänglich machen. Auf den ORN befinden sich spezifische Duftstoffrezeptoren, deren Vielfalt durch 388 funktionelle Gene kodiert wird (Niimura & Nei 2003). Einen schematischen Überblick über den Aufbau der Riechschleimhaut gibt Abbildung 1.

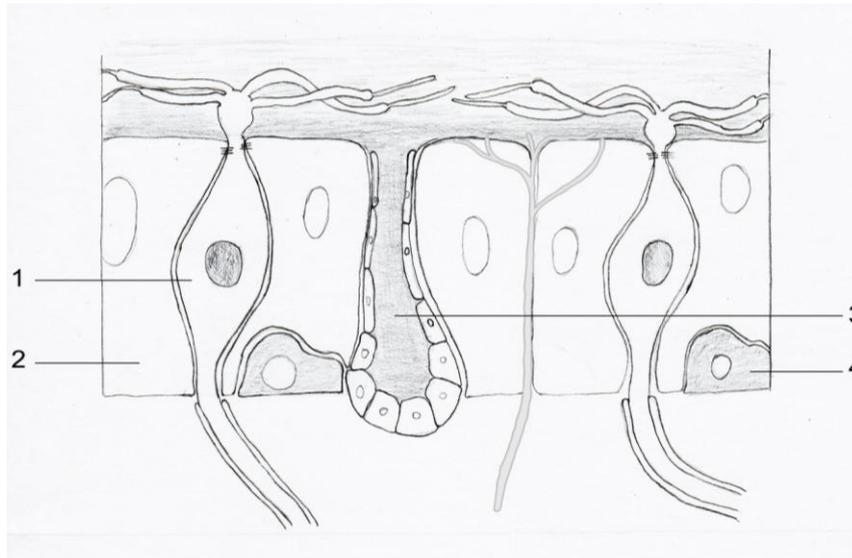


Abbildung 1 zeigt den Aufbau der Riechschleimhaut. Mit 1 sind die olfaktorischen Rezeptorneurone gekennzeichnet, welche von Stützzellen (2) und Basalzellen (4) umgeben sind. Die schleimproduzierenden Bowman-Drüsen (3) sorgen für die Stabilisierung des extrazellulären Milieus und tragen somit entscheidend zur Riechfunktion bei.

Duftstoffe können die Riechschleimhaut orthonasal (durch Schnüffeln) erreichen. Jedoch ist auch eine retronasale Aufnahme von Gerüchen aus der Mundhöhle über die Choanen möglich. Dies ist vor allem bei der Empfindung feiner Geschmacksaromen von besonderer Bedeutung. Bindet schließlich ein Duftstoff an seinen Rezeptor, so wird das chemische Signal in ein elektrisches Signal umgewandelt und durch die Axone der ORN geleitet. Diese ziehen gebündelt als ca. 15-25 Fila olfactoria durch die Lamina cribrosa des Os ethmoidale zum Bulbus olfactorius. Die Gesamtheit der Fila olfactoria wird als Nervus olfactorius, 1. Hirnnerv, bezeichnet. Im Bulbus olfactorius werden die Neurone auf ihr zweites Neuron, die sogenannten Mitralzellen umgeschaltet. Hierbei ist wichtig zu sagen, dass ORN mit dem gleichen Rezeptorbesatz, die also alle den selben Duftstoff binden, in sogenannten Glomeruli zusammengeschaltet werden (Mori, 2003). Dies wird auch als Konvergenz bezeichnet.

Sowohl im Riechepithel als auch im Bulbus olfactorius ist eine bemerkenswerte Plastizität zu beobachten, die sowohl Regeneration von Nervenzellen als auch Degeneration von Neuronen im Falle von Geruchsdeprivation beinhaltet (Bastien-Dionne et al. 2010; Cummings & Belluscio 2010).

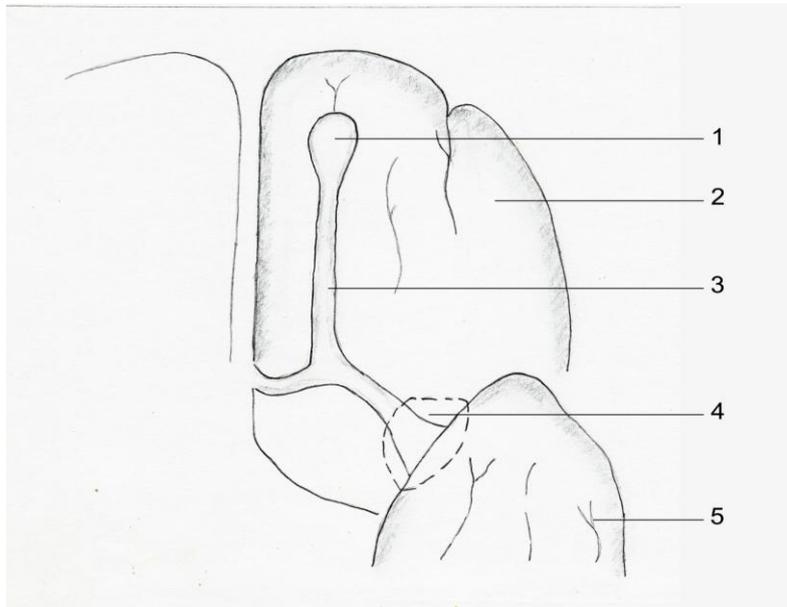


Abbildung 2 dient der Veranschaulichung der Riechbahn. Ihre Leitstrukturen befinden sich kaudal des Frontallappens (2) sowie des Parietallappens (5). Die Fila olfactoria sammeln sich im Bulbus olfactorius (1) und werden dort auf die Mitralzellen umgeschaltet. Diese laufen als Tractus olfactorius (3) zum präpiriformen Cortex (4), der primären Riechrinde im engeren Sinne.

Die Axone der Mitralzellen bilden den sogenannten Tractus olfactorius, dessen Fasern sich weiter proximal in die Stria olfactoria medialis und lateralis aufzweigen. Die lateralen Fasern führen zunächst zum präpiriformen Cortex, der auch als primäre Riechrinde bezeichnet wird. Von dort laufen sie zu sekundären zentralen Strukturen, die in ihrer Gesamtheit als olfaktorischer Cortex bezeichnet werden. Dazu gehören u.a. piriforme sowie enthorinale Rindenareale und die Amygdala. Hierbei besteht die Besonderheit, dass nur wenige Fasern den Thalamus als „Filter“ passieren und vielmehr direkt in die genannten Gebiete projizieren, die auch in der Verarbeitung von Emotionen und Erinnerungen eine wichtige Rolle spielen (Anderson et al. 2003). So sind Gerüche und Aromen dazu in der Lage, individuell verknüpfte, emotional behaftete Erinnerungen direkt zurück ins Gedächtnis zu rufen - ein Umstand, der auch als Proust-Phänomen bezeichnet wird (Herz & Schooler 2002; Chu & Downes 2002). Die Fasern der Stria olfactoria medialis projizieren vor allem in die Septumregion und in das Tuberculum olfactorium.

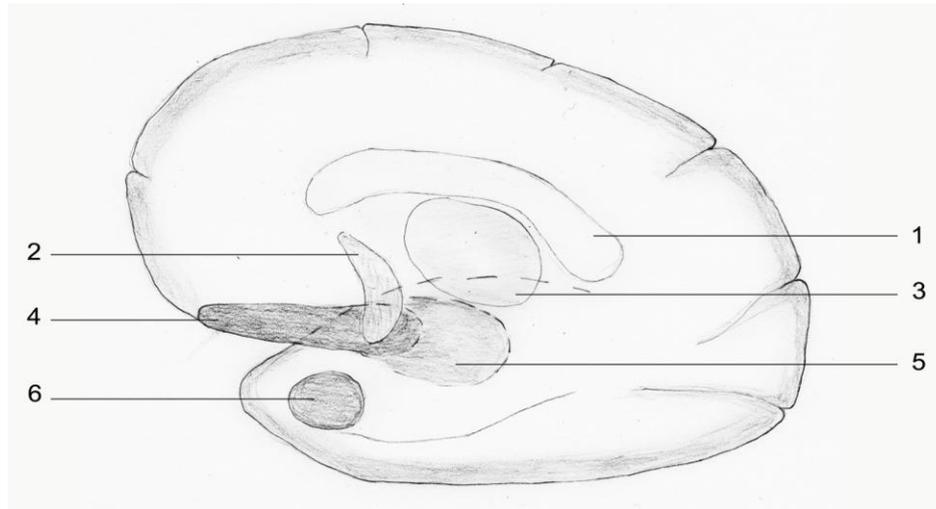


Abbildung 3 bildet die sekundären Projektionsareale der Riechbahn ab. Dazu gehören die sich an den primären präpiriformen Cortex (4) nach dorsal und temporal anschließende Area entorhinalis (5) sowie die Amygdala (6). Die vom Tractus olfactorius nach medial ziehenden Fasern (siehe auch Abbildung 2) projizieren zudem in die Septumregion (2). Der kaudal des Balkens (1) liegende Thalamus (3) wird nur von sehr wenigen Fasern passiert.

2.1.2 Erfassung der Riechfunktion

Die wahrscheinlich einfachste Möglichkeit eine Aussage über das Riechvermögen eines Menschen zu erhalten, ist ihn danach zu fragen. Jedoch ist diese Information zur Quantifizierung des Riechvermögens keinesfalls ausreichend, da die Selbsteinschätzung des Patienten häufig nicht mit seiner objektiven Riechfunktion übereinstimmt. So fanden Landis et al. heraus, dass die persönliche Einschätzung des Riechvermögens gesunder Probanden vor einem Riechtest mit ihrer Nasendurchgängigkeit korrelierte, jedoch nicht mit der danach ermittelten Riechleistung (Landis et al. 2003).

Kann man sich auf die Mitarbeit des Patienten verlassen, stehen eine Reihe psychophysiologischer Tests zur Verfügung. Mithilfe von Kurztests, die auf der Erkennung und Benennung von Gerüchen basieren, kann eine Anosmie (vollständiger Riechverlust) ausgeschlossen werden. Ihr Umfang sollte zwischen 12 und 16 Items betragen und sie sollten zusammen mit Anamnese, Selbsteinschätzung und rhinoskopischer Untersuchung beurteilt werden, um eine zuverlässige Aussage zu erhalten (Gudziol & Förster 2002). Beispiele für solche Kurztests sind der „Cross-Cultural Smell Identification Test“ (CCSIT) (Doty et al. 1996), der Identifikationstest mithilfe von „Sniffin' Sticks“ (Hummel et al. 2001), oder der „European Test of Olfactory Capabilities“ (ETOC) (Thomas-Danguin et al. 2003).

Eine detaillierte Einschätzung des Riechvermögens ist mit Kurztests jedoch nicht möglich. Auch in der vorliegenden Studie war es wichtig, nicht nur zu entscheiden, ob der Proband

möglicherweise hyp- oder anosmisch ist, sondern wo genau seine Riechschwelle liegt. Hier eignet sich der oben bereits erwähnte „Sniffin' Sticks“-Test in besonderer Weise. Der vollständige Test unterteilt sich in Schwellentest, Identifikationstest und Diskriminationstest. Sein Konzept begründet sich auf der Annahme, dass mithilfe der Testung mehrerer Komponenten der Riechfunktion diese am umfassendsten beschrieben werden kann (Lötsch et al. 2008). Dabei bestimmt der Schwellentest, ab welcher Konzentration ein Duft wahrgenommen werden kann. Die genaue Prozedur der Testung ist im Teil Material und Methoden beschrieben (siehe 3.4.2 Riechtest). Der Diskriminationstest prüft die Fähigkeit, Gerüche voneinander zu unterscheiden. Es handelt sich um einen überschwelligen Test, bei dem der verblindete Proband aus drei Riechstiften denjenigen identifizieren muss, dessen Geruch sich von den anderen beiden unterscheidet. An jedem Stift des aus 16 Triplets bestehenden Tests darf dabei nur einmal gerochen werden. Der Identifikationstest entspricht dem oben erwähnten Kurztest, bei dem 16 Gerüche anhand einer Auswahl von 4 vorgegebenen Möglichkeiten erkannt werden müssen. Die Summenwerte aller drei Tests werden als SDI-(Schwellen-Diskriminations-Identifikations-)Wert zusammengefasst, mithilfe dessen eine Aussage über das Riechvermögen des Probanden in Relation zu seiner Altersgruppe getroffen werden kann (Hummel et al. 2007).

Auch der Sniffin'-Sticks-Test erfordert eine Mitarbeit des Probanden. Diese ist z.B. bei Kindern, Personen mit kognitivem Defizit oder in Gutachtensfragen eingeschränkt zu erwarten. Hier können elektrophysiologische Verfahren wie die Ableitung von olfaktorisch evozierten Potentialen (OEP) (Hummel et al. 2000) weiteren Aufschluss geben. Dabei wird der Duftstoff mithilfe eines Olfaktometers (siehe 2.2.2 Messung der trigeminalen Funktion mithilfe des Olfaktometers) intranasal appliziert und gleichzeitig ein EEG abgeleitet. Weitere ähnliche Verfahren sind die direkte Ableitung eines Elektroolfaktogramms (EOG) von der Riechschleimhaut sowie die Messung negativer Antworten im EEG auf einen erwarteten Riechreiz („Contingent Negative Variation“). Schlussendlich kann auch die bioptische Gewinnung von Nasenschleimhaut mit anschließender histopathologischer Untersuchung Ursachen einer möglichen Riechstörung weiter aufklären. Jedoch sind Nutzen und Risiken des relativ invasiven Verfahrens im Voraus abzuwägen.

2.2 Das trigeminale System

2.2.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Einleitend ist zu sagen, dass das trigeminale System streng genommen dem somatosensorischen System zuzuordnen ist (siehe 2.4 Das somatosensorische System). Tatsächlich ist es in seiner Funktion aber so eigenständig, dass es an dieser Stelle nicht nur gesondert erläutert werden soll, sondern auch in der vorliegenden Studie getrennt vom restlichen somatosensorischen System untersucht wurde.

Die Bedeutung des trigeminalen Systems ist vor allem für die Riechwahrnehmung entscheidend, weswegen es hier auch im Anschluss an das olfaktorische System erläutert wird: Da die meisten Gerüche zumindest in hohen Konzentrationen auch eine trigeminale Stimulation bewirken (Doty et al. 1978), ergänzt und vervollständigt es unseren Geruchssinn. Das trigeminale System ist dafür verantwortlich, dass ein Geruch als stechend, beißend, brennend oder prickelnd empfunden werden kann. Das Riechen wird auch insofern trigeminal beeinflusst, als dass wir einen Geruch nur dann genau lokalisieren können, wenn er eine trigeminale Komponente aufweist (Kleemann et al. 2009). Auch die Fähigkeit, Unterschiede in der Intensität von Gerüchen wahrzunehmen, differentielle Wahrnehmbarkeitsschwelle genannt („just noticeable difference“), verbessert sich, je stärker der Geruch zusätzlich eine trigeminale Reizung verursacht (Jacquot et al. 2010).

Trigeminale Reize werden über den Nervus trigeminus, der nach seiner Dreigliedrigkeit benannt ist, an das Gehirn vermittelt. Abbildung 4 zeigt eine anatomische Skizze des Nervenverlaufs.

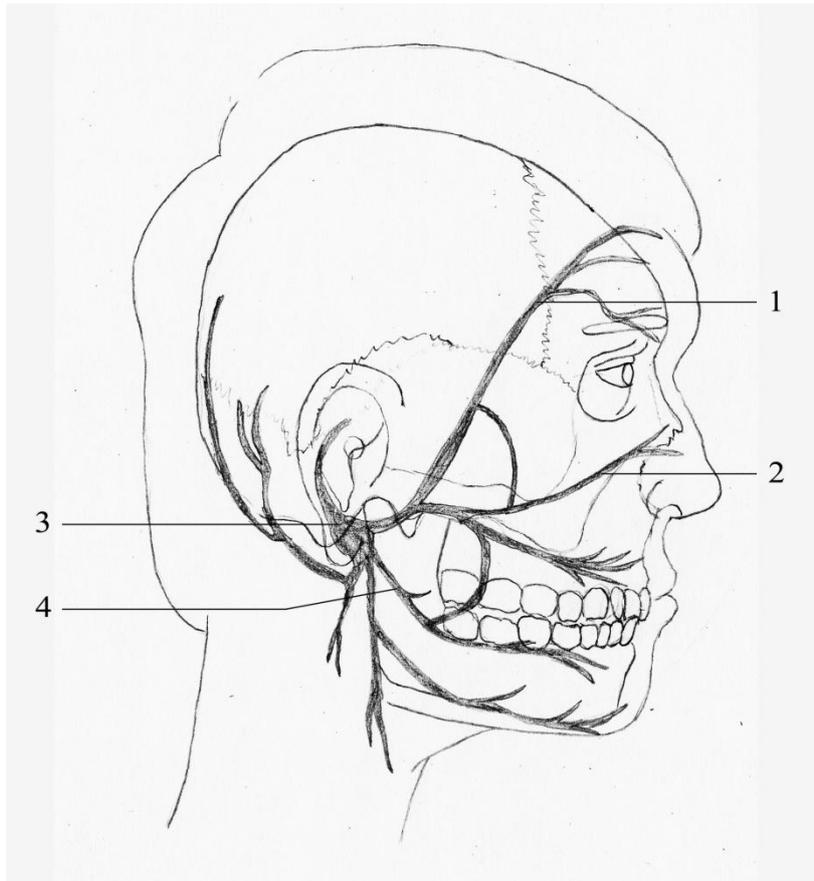


Abbildung 4 kennzeichnet die Hauptäste des Nervus trigeminus und skizziert ihren Verlauf zur sensiblen Innervation der Kopf- und Gesichtshaut sowie die motorischen Äste zur Mundbodenmuskulatur. Dabei wird der am meisten rostral gelegene Trigeminasast als Nervus ophthalmicus (1) bezeichnet. Der zweite Trigeminasast, der Nervus maxillaris (2), ist unter anderem für die sensible Innervation der Nasenschleimhaut verantwortlich. Der Nervus mandibularis (4) wird auch als Unterkieferast bezeichnet und ist gleichzeitig der Nerv des ersten Kiemenbogens. Die Fasern aller drei Nerven sammeln sich im Ganglion trigeminale (3).

Der Nervus trigeminus führt überwiegend sensible Afferenzen, die für das Temperatur-, Berührungs- und Schmerzempfinden der Gesichtshaut sowie der Mund- und Nasenhöhle zuständig sind. Des Weiteren enthält er eine kleinere motorische Efferenz, die die Kaumuskulatur versorgt. Für die vorliegende Studie war nur die trigeminale Versorgung der Nasenhöhle von Bedeutung.

Trigemurale Reize werden in der Nasenhöhle von Thermo-, Mechano- und Chemorezeptoren aufgenommen. Diese sitzen auf freien Nervenendigungen, die in die Schleimhaut der Mund- und Nasenhöhle auslaufen. Zu den bisher bekannten Chemorezeptoren zählt die Familie der sogenannten ASICs (Acid-sensing ion channels), deren Vorkommen in der nasalen Mukosa nachgewiesen werden konnte (Kikuchi et al. 2010). Eine Änderung des lokalen pH-Wertes führt an diesen Rezeptoren zur Schmerzinduktion (Jones et al. 2004). Weiterhin gehört auch

die Familie der TRP-Kanäle (transient receptor potential channels) zu den Rezeptoren des trigeminalen Systems. Von ihnen sind mehrere Subtypen bekannt. Beispielhaft seien der TRPV1-Rezeptor genannt, der auf Hitze und Capsaicin (Chilischotenextrakt) anspricht, der TRPM8-Rezeptor, der den mentholinduzierten Kältereiz detektiert, sowie der Mechano- und Kälterezeptor TRPA1, der auf Menthol und Eugenol (Hauptbestandteil von Gewürznelkenöl) reagiert (Keh et al. 2011).

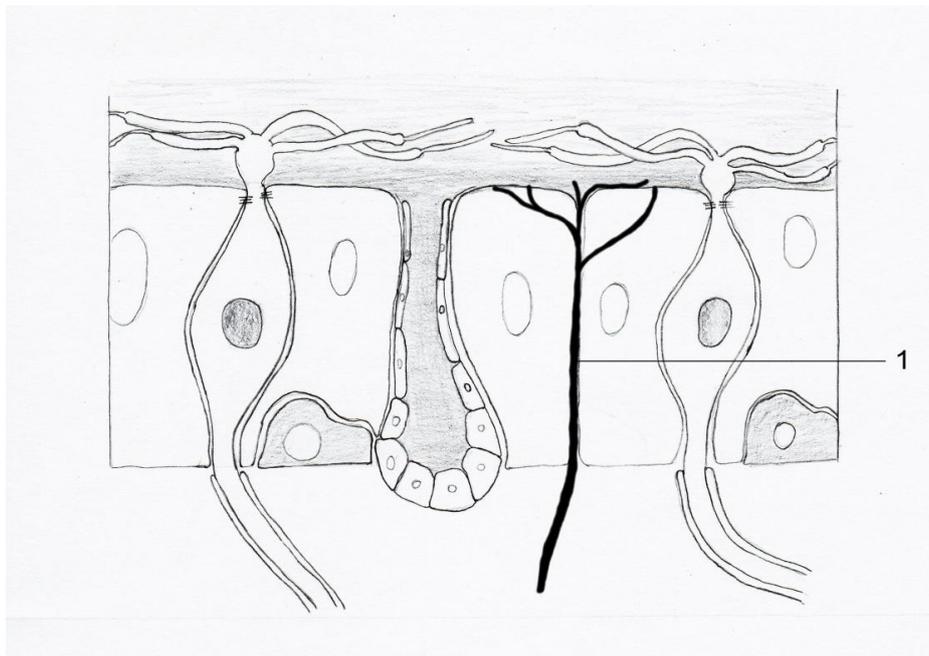


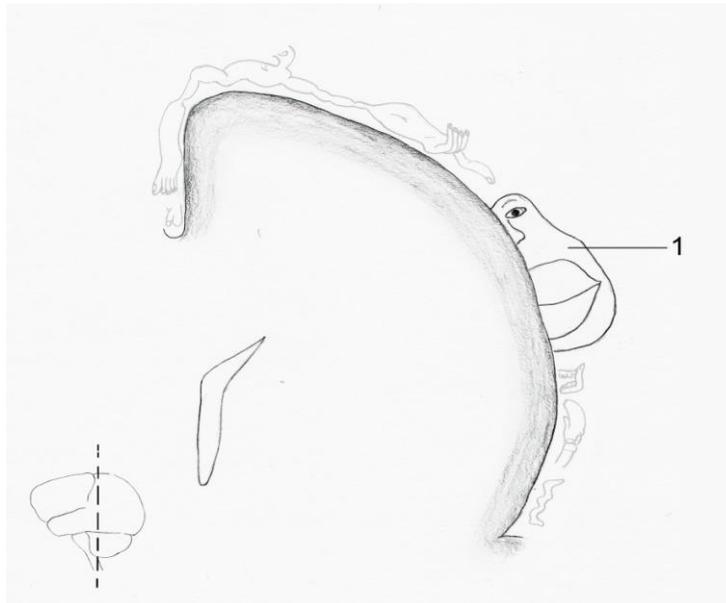
Abbildung 5 zeigt abermals die Riechschleimhaut, hier jedoch mit Hervorhebung der freien Nervenendigungen (1) des Nervus trigeminus, die als Rezeptoren der sensiblen Innervation der Riechschleimhaut dienen.

Typische Stoffe, die eine starke trigeminale Reizung verursachen, sind Kohlensäure, Ammoniak und die bereits genannten Stoffe Capsaicin und Menthol.

Da in der vorliegenden Arbeit Kohlenstoffdioxid (CO_2) als trigeminaler Reizstoff verwendet wurde, soll der spezifische Mechanismus der mukosalen Reizung durch CO_2 kurz erläutert werden. Es wird angenommen, dass das Gas durch die Zellmembranen der nasalen Mukosa diffundiert und dort mit Wasser reagiert. Unter Katalyse durch das Enzym Carboanhydrase reagiert CO_2 mit H_2O zu Kohlensäure (H_2CO_3), welche sich in ein Wasserstoffion (H^+) und Bicarbonat (HCO_3^-) aufspaltet. Dies führt zu einem Absinken des pH-Wertes, was wiederum die Öffnung von Kationenkanälen in den Nozizeptoren bewirkt (Hummel et al. 2003). Es wird ein Schmerzreiz ausgelöst, der je nach CO_2 -Konzentration in seiner Stärke von einem Kribbeln bis hin zum stechenden Schmerz variiert. Das kann jeder gut nachvollziehen, der

schon einmal versehentlich ein kohlenensäurehaltiges Getränk retrograd (z.B. ausgelöst durch plötzliche Expiration bei geschlossenem Mund) in die Nase bekommen hat.

Die Signale aus den Nervenendigungen im Trigeminusversorgungsgebiet werden über zwei unterschiedliche Nervenfasertypen, die myelinisierten A δ -Fasern sowie die unmyelinisierten C-Fasern, nach zentral fortgeleitet (Anton & Peppel 1991). Dabei sind die schneller leitenden A δ -Fasern vor allem für die Vermittlung scharfer und stechender Schmerzempfindungen verantwortlich, während die wegen der fehlenden Myelinisierung langsamer leitenden C-Fasern eher einen dumpfen, brennenden Schmerzcharakter vermitteln (Hummel, 2000). Die gebündelten Nervenfasern laufen über die oben genannten drei Hauptnervenstämme zunächst im Ganglion trigeminale zusammen, wo sich die Somata der pseudounipolaren Nervenzellen des sensiblen Nervenanteils befinden. Von dort ziehen die Neurone nach zentral zu ihren Hirnnervenkernen in der Medulla oblongata. Dies sind im Einzelnen der Nucleus mesencephalicus nervi trigemini, der die propriozeptiven Informationen (Tiefensensibilität und Lagesinn) erhält, der Nucleus principalis nervi trigemini für die epikritische Sensibilität (Berührung, Druck, Vibration) sowie der Nucleus spinalis nervi trigemini der protopathischen Sensibilität (Schmerz, Temperatur). Der kleinere motorische Anteil des Nerven nimmt seinen Ausgang vom Nucleus motorius nervi trigemini (motorischer Hirnnervkern). Für die trigeminale Reizwahrnehmung in der Nasenhöhle ist vor allem der Nucleus spinalis nervi trigemini interessant, dessen Oberfläche den Hauptprojektionsort der nasalen Nervenfasern darstellt (Anton & Peppel 1991). Er ist entsprechend den versorgten Gesichtspartien somatotopisch gegliedert. Nach Umschaltung im Nervenkern laufen die Neurone teilweise angelagert an den Lemniscus medialis zum Thalamus, wo sie auf das dritte Neuron umgeschaltet werden. Der Hauptprojektionsort aus dem Thalamus ist der primäre somatosensorische Cortex im Gyrus postcentralis. Von dort verlaufen Projektionen in sekundäre somatosensorische Cortexareale im frontoparietalen Operculum. Jedoch beschreiben aktuelle fMRT-Studien auch die Aktivierung des piriformen Cortex, der wie oben erläutert als primärer olfaktorischer Cortex gesehen wird. Es zeigt sich also auch hier wieder der enge Zusammenhang zwischen olfaktorischem und trigeminalem System (Hummel et al. 2009b).



In Abbildung 6 ist der sensible Cortex dargestellt, in dem die sensiblen Nervenbahnen aller Körperregionen ihre Repräsentation finden. Die Darstellung mit Zuordnung der jeweiligen Körperregion zum Repräsentationsort auf der Hirnrinde wird auch als Homunkulus bezeichnet. In der vorliegenden Schemazeichnung liegt die Betonung auf dem trigeminalen Abbildungsareal. Auffallend ist, dass beispielsweise den Lippen, die eine besonders dichte Innervation besitzen, ein entsprechend großes Cortexareal zugeordnet ist.

2.2.2 Messung der trigeminalen Funktion mithilfe des Olfaktometers

Wie im vorangehenden Teil beschrieben, hat die trigeminale Funktion einen wesentlichen Anteil an der Vervollständigung unserer Geruchswahrnehmung. Da die beiden Systeme schon allein durch ihre gemeinsame Lokalisation in der Nasenhöhle sehr eng zusammenhängen, sind spezielle Methoden nötig, um die trigeminale Funktion gesondert zu messen.

Zunächst einmal gibt es mehrere Ebenen, auf denen die trigeminale Funktion ermittelt werden kann. Man kann die trigeminale Wahrnehmungsschwelle bestimmen oder kann beispielsweise überschwellige Reize applizieren und vom Probanden die gefühlte Reizintensität abfragen. Eine andere Möglichkeit sich dem trigeminalen System zu nähern, ist den Probanden einen trigeminalen Reiz lokalisieren zu lassen. Alle diese Messungen verlangen jedoch nach einer Reizapplikationsmethode, die den trigeminalen Stimulus in zeitlichem Ablauf, Dauer und Intensität sowohl genau als auch reproduzierbar gewährleisten kann. Eine exakte Steuerung der Reizparameter ist also unerlässlich. Zu diesem Zweck entwickelte Kobal Ende der 1970er Jahre das Flussolfaktometer. Es ermöglicht, einen olfaktorischen oder trigeminalen Stimulus mithilfe eines angefeuchteten, konstanten und temperierten Luftstroms zur Riechschleimhaut zu transportieren, ohne diese dabei

gleichzeitig mechanisch oder thermisch zu erregen. Dass bei der trigeminalen Reizung auch wirklich der Nervus trigeminus erreicht wird und nicht etwa eine simultane olfaktorische Stimulation zur Reizwahrnehmung führt, ist sowohl an Studien mit anosmischen Probanden (Kobal & Hummel 1998) als auch durch die Verwendung rein trigeminaler Reizstoffe belegt worden (Cain & Murphy 1980). Außerdem macht das Olfaktometer ein An- und Abfluten des Reizstoffes in weniger als 20 ms möglich. Dies ist insofern wichtig, als dass bei einer zu geringen Anstiegssteilheit des Reizes eine Habituation oder Adaptation der Rezeptoren droht.

Durch die Steuerung des Olfaktometers mithilfe eines Rechners ist es möglich, spezifische Konzentrationsstufen des Reizstoffes im Vorhinein einzuprogrammieren. Somit ist gewährleistet, dass die Einzelmessungen eines jeden Probanden einem weitestgehend identischen Messablauf folgen und damit vergleichbar sind.

Parallel zur olfaktometrischen Messung bietet das System die Möglichkeit ein EEG vom Probanden abzuleiten. Dies wird häufig genutzt, um die Zeitspanne zwischen Reizapplikation und physiologischer Reaktion (Antwortlatenz) zu messen. In der vorliegenden Studie wäre eine derartige Messung aber nur von untergeordnetem Interesse gewesen und ist deswegen nicht durchgeführt worden.

Bei dem für die Messungen verwendeten Olfaktometer handelte es sich um das Modell OM/2 (Burghart Messtechnik, Wedel, Deutschland). Es ist in Abbildung 7 zu sehen.



Abbildung 7 zeigt das Olfaktometer OM/2 der Firma Burghart Messtechnik, Wedel, Deutschland, an dem die olfaktometrischen Messungen der vorliegenden Studie durchgeführt wurden.

2.3 Das gustatorische System

2.3.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Schmeckens

Der Schmecksinn ist evolutionär betrachtet von immenser Bedeutung. Mit seiner Hilfe testen wir in der Mundhöhle die Verträglichkeit oder Unverträglichkeit unserer Nahrung, bevor wir uns entscheiden, sie in den Magen-Darm-Trakt zu absorbieren. Dabei liegt die Hauptfunktion des Geschmacksempfindens sicherlich zunächst darin, potentiell toxische Stoffe zu erkennen und somit vermeiden zu können. Aber auch der Geschmack kann trügen. Nicht umsonst hatten schon im alten Rom die Herrscher einen Vorkoster, und auch noch heute werden Tiere als Vorkoster benutzt wie 2008 bei den Olympischen Spielen in Peking (BBC News, 2006).

Unsere Geschmacksrezeptoren können hauptsächlich fünf Geschmacksqualitäten unterscheiden: süß, salzig, sauer, bitter und umami. Letztere Qualität bezeichnet den Geschmack von Glutamat, was außerhalb von Fachkreisen wenig bekannt ist, obwohl der japanische Chemie-Professor Kikunae Ikeda diesen bereits vor mehr als 100 Jahren entdeckte und aus Seetang extrahierte (Nakamura, 2011). Es werden auch immer wieder noch weitere Geschmacksqualitäten wie zum Beispiel fettig und metallisch diskutiert. Besonders ersteres Beispiel ist ein lukratives Thema der Lebensmitteltechnologie, die im Zeitalter von Diät- und Low-fat-Produkten an der Entwicklung von Fettersatzstoffen arbeitet (Tucker & Mattes 2012).

Die Geschmacksrezeptoren befinden sich auf sogenannten Geschmacksknospen. Es handelt sich hierbei um spezialisierte Epithelzellen, die sich vor allem auf dem Zungenrücken, aber auch vereinzelt auf dem Gaumen, dem Pharynx, der Epiglottis und im oberen Drittel des Ösophagus befinden (Doty, 2003). Auf der Zunge, die das wichtigste Geschmacksorgan darstellt, sind die Geschmacksknospen auf makroskopisch sichtbaren Geschmackspapillen organisiert. Die verschiedenen Papillenarten umfassen die pilzförmigen Papillae fungiformes, die sich auf den vorderen zwei Dritteln der Zunge befinden, die blattförmigen Papillae foliatae auf dem dorsolateralen Zungenrücken, die wallartigen Papillae vallatae an der Grenze zum Zungengrund sowie die auf dem gesamten Zungenrücken verteilten Papillae filiformes, die nicht der gustatorischen, sondern der taktilen Wahrnehmung dienen. Die Zellen der Geschmacksknospen sind apfelsinenscheibenartig zusammengelagert und bilden in ihrer Mitte den sogenannten Geschmacksporus, der zur Mundhöhle hin geöffnet ist und den Zugangsweg der Schmeckstoffe zu den Sinneszellen darstellt.

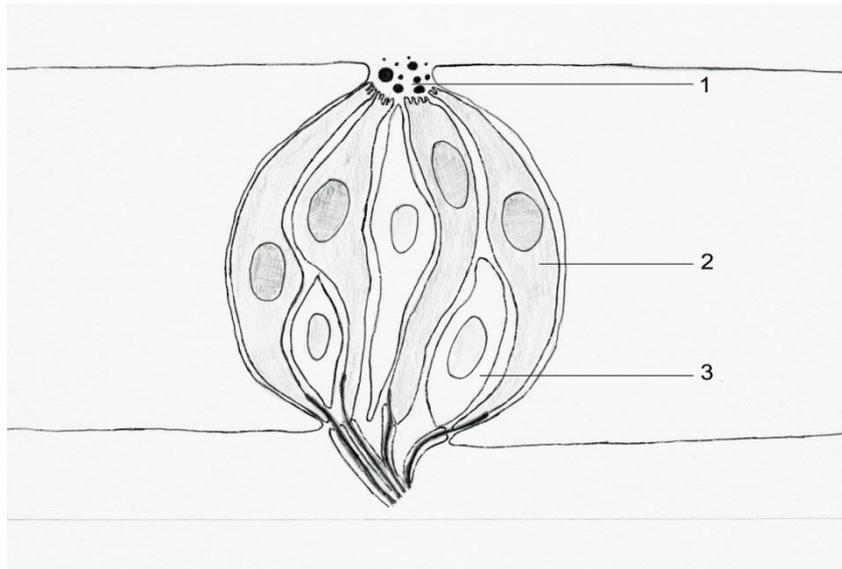
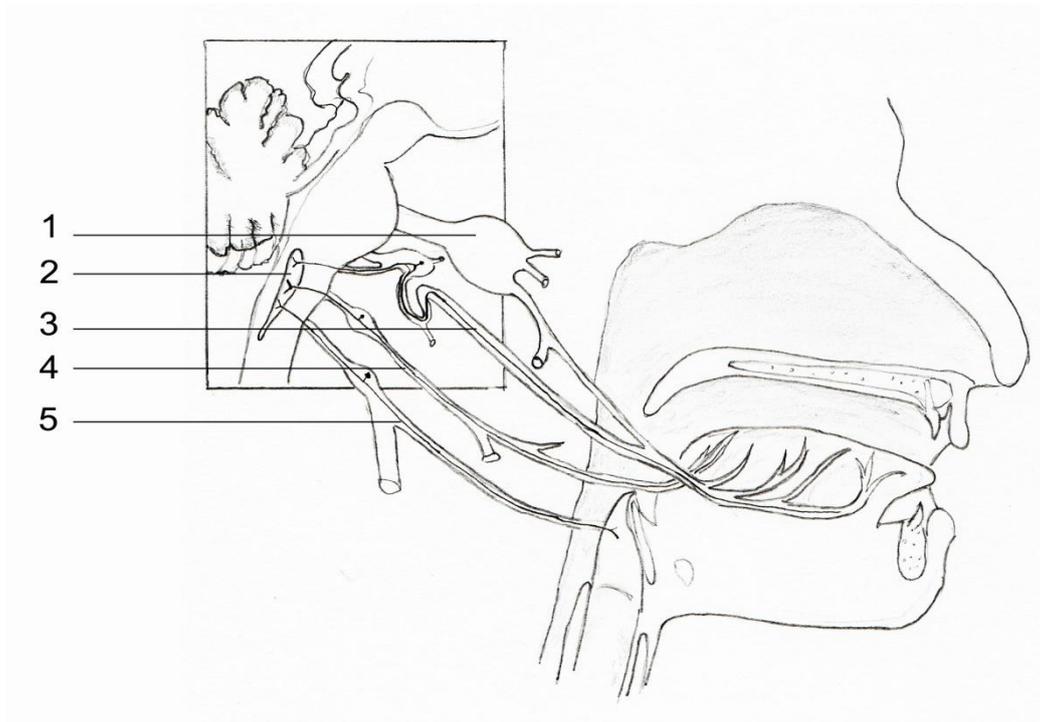


Abbildung 8 zeigt die schematische Darstellung einer Geschmacksknospe. Die apfelsinenscheibenartig angeordneten Sinneszellen (2) und Stützzellen (3) bilden an ihrer apikalen (oralen) Seite den Geschmacksporus (1), in dem sich die Geschmacksmoleküle zur Präsentation sammeln.

Wie die Zellen der Riechschleimhaut und des Bulbus olfactorius haben auch die Zellen der Geschmacksknospen eine hohe Fähigkeit sich zu regenerieren. Der Regenerationszyklus einer Zelle innerhalb einer Geschmacksknospe dauert durchschnittlich ca. 10 Tage (Beidler & Smallman 1965). Die Sinneszellen in den Geschmacksknospen sind sekundäre Sinneszellen. Das heißt, sie bilden selbst keine Axone aus und werden noch in der Geschmacksknospe auf die Afferenzen der sie versorgenden Nerven umgeschaltet. Konkret handelt es sich hier um die pseudounipolaren Ganglienzellen der Hirnnerven VII, IX und X. Davon versorgt der Nervus lingualis, Ast der Chorda tympani als ein Teil des Nervus facialis (VII), die vorderen zwei Drittel der Zunge und Nervus glossopharyngeus (IX) und vagus (X) versorgen das hintere Zungendrittel sowie Hypopharynx und Larynx.



In Abbildung 9 sind die die Geschmacksinformation fortleitenden Nerven dargestellt. Die vorderen zwei Drittel der Zunge sind durch den Nervus lingualis (3) versorgt, dessen viserosensibler Anteil Teil des Nervus facialis ist. Sein somatosensibler Teil läuft zum Ganglion trigeminale (1). Die Versorgung des hinteren Zungendrittels wird durch den Nervus glossopharyngeus dominiert (4), während Hypopharynx und Larynx vor allem durch Anteile des Nervus vagus (5) viszeroafferent versorgt werden. Die Afferenzen der drei genannten Nerven sammeln sich im Hirnstamm in der Pars gustatoria des Nucleus tractus solitarii (2).

Die meisten Nervenendigungen versorgen mehrere Geschmacksknospen, überschreiten jedoch nie die Mittellinie der Zunge. Daraus resultiert, dass klinisch anhand der Lokalisation von Ausfällen gut zwischen allgemeinen physikalischen Schäden und nervalen Schäden unterschieden werden kann (Hummel, 2009). Die Afferenzen der genannten drei Hirnnerven sammeln sich zentral zum Tractus solitarius und werden in der Pars gustatoria des Nucleus tractus solitarii, lokalisiert in der Medulla oblongata, verschaltet. Ab hier ziehen die Neurone in den Nucleus ventralis posteromedialis thalami und projizieren von dort in die primäre Schmeckrinde. Dazu zählen Operculum und anteriore Insel. Der orbitofrontale Cortex wird als sekundärer gustatorischer Cortex bezeichnet (Hummel, 2009).

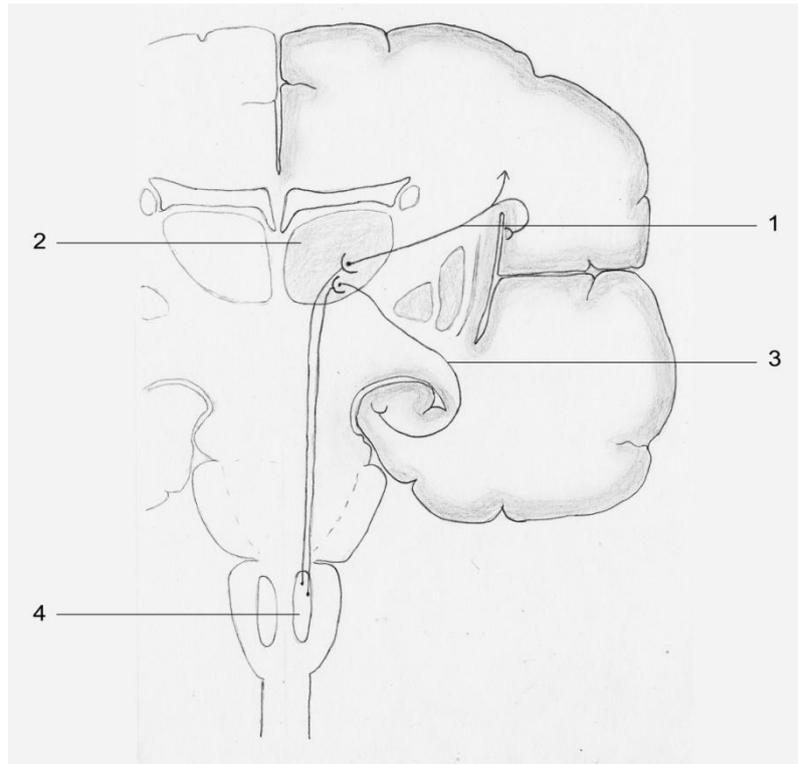


Abbildung 10 kennzeichnet den weiteren Verlauf der Geschmacksbahn. Nach Verschaltung im Nucleus tractus solitarii (4) im Hirnstamm ziehen die Nervenfasern in den Nucleus ventralis posteromedialis des Thalamus (2). Von dort projizieren sie in die Inselregion (1) und in das Operculum (3).

2.3.2 Erfassung der Schmeckfunktion

Wie schon eingangs bei der Messung der Riechfunktion beschrieben, können die meisten Menschen auch ihr Schmeckvermögen nicht zuverlässig einschätzen. Dies hängt auch damit zusammen, dass Patienten beispielsweise kaum unterscheiden können, ob ein subjektiver Geschmacksverlust seine Ursache nicht vielmehr in einer Störung der retrograden Riechfunktion hat (sogenannter Verlust des „feinen“ Geschmacks) (Soter et al. 2008).

Nach Anamneseerhebung und klinischer Untersuchung kann die Schmecktestung als lokaler Test oder als Ganzmundtest durchgeführt werden. Für welche der beiden Formen man sich entscheidet, hängt von der Fragestellung ab. Der lokale Test dient eher der Erfassung umschriebener neurologischer Ausfälle, während Ganzmundtests eine Aussage über das globale, alltagsrelevante Schmeckvermögen treffen können (Hummel, 2009). In der vorliegenden Studie hat man sich deswegen für den Ganzmundtest entschieden. Als Screeningtest, ob der Proband in der Lage ist, Geschmacksqualitäten zu erkennen und zu unterscheiden, können Schmecksprays eingesetzt werden. Sie enthalten Saccharose (Qualität süß), Zitronensäure (Qualität sauer), Kochsalz (Qualität salzig) oder

Chininhydrochlorid (Qualität bitter) in überschwelliger Konzentration und werden vom Probanden im Mund verteilt und nach Erkennen ausgespuckt.

Ein anderes, häufig verwendetes Verfahren ist der 3-Tropfen-Test nach Henkin (Henkin, 1963), bei dem der Proband in absteigenden Verdünnungsstufen (beginnend mit der niedrigsten Konzentration) denjenigen Tropfen erkennen muss, der den Geschmacksstoff enthält (während die anderen beiden Tropfen nur Wasser sind). Es handelt sich hierbei um einen Schwellentest, wobei die Schwelle als diejenige Konzentration festgelegt ist, bei der der Proband den Geschmackstropfen dreimal in Folge richtig erkennt.

Zur Prüfung regionaler Schmeckstörungen sind geschmacksimprägnierte Filterpapierstreifen, sogenannte Taste Strips, besonders geeignet (Mueller et al. 2003), da sie zum Beispiel selektiv auf einer Zungenseite platziert werden können (Lateralisierung). Wichtig ist dabei, die Zunge bis zum Erkennen des Geschmacks leicht aus dem Mund zu strecken, da sich der Geschmacksstoff sonst schnell auf Zunge und Mund verteilt. Man kann Taste Strips aber auch als Ganzmundtest verwenden, wie es in der vorliegenden Studie getan wurde.

Die Filterpapierstreifen, aus denen die Schmeckstreifen hergestellt werden, sind als Rohform bei Burghart Messtechnik, Wedel, Deutschland erhältlich. Die 8 cm langen Streifen sind löffelförmig und besitzen einen 2 cm² großen Kopf, auf den die Geschmacksimprägnierung aufgebracht wird. Zur Herstellung unterschiedlicher Geschmacksintensitäten werden die Streifenköpfe für 5 Sekunden in verschiedenen konzentrierte wässrige Lösungen der Geschmacksstoffe eingebracht und dann getrocknet. Die Anwendung der Taste Strips im klinischen Alltag zeigt eine hohe Reliabilität und durch den Einsatz in mehreren klinischen Studien stehen auch Normwerte zur Verfügung (Landis et al. 2009).

Der Vollständigkeit halber sollen noch weitere Verfahren der Geschmacksprüfung genannt werden. Hierzu zählen die Elektrogustometrie, gustatorisch evozierte Potentiale sowie die bioptische Untersuchung und Kontaktendoskopie (Hummel, 2009).

2.4 Das somatosensorische System

2.4.1 Anatomische und physiologische Grundlagen des Fühl- und Tastsinns

Unser Tastsinn verleiht uns die Fähigkeit, Gegenstände und Räume durch Betasten zu erkunden und zu erkennen. Dies wird als Stereognosie bezeichnet. Der Tastsinn ist zunächst besonders für blinde Menschen von herausragender Bedeutung. Genauso wären aber auch

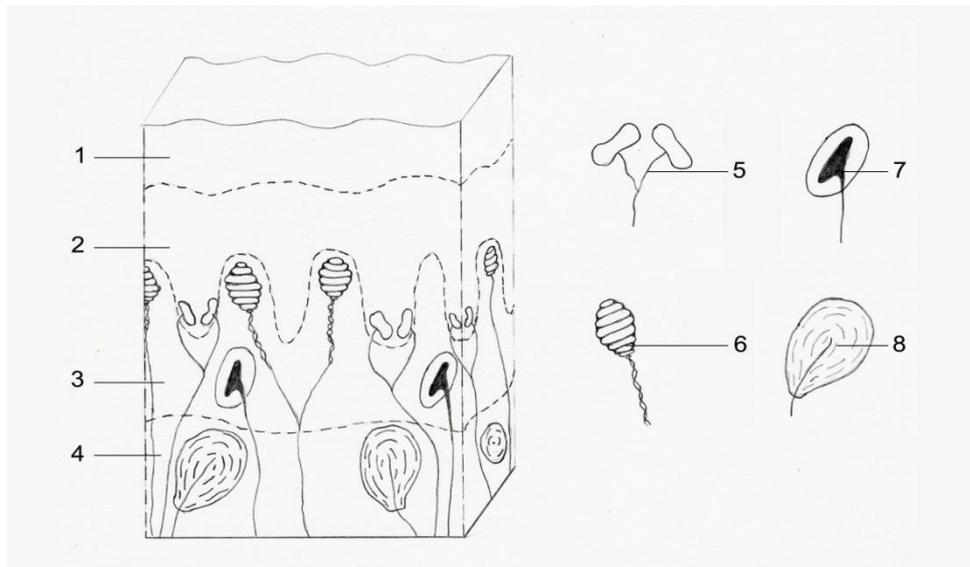
bei sehenden Menschen eine Orientierung im Dunkeln oder Fertigkeiten wie Klavierspielen oder Maschineschreiben ohne den Tastsinn praktisch unmöglich.

Das wichtigste Organ des Tastsinns ist unsere Haut. Sie stellt die äußere Begrenzung unseres Körpers zur Umwelt dar und ist mit etwa 1,5 - 2 m² Größe sowie einem Gewicht zwischen 3,5 und 10 kg eines der größten Organe unseres Körpers. Die Schichten der Haut werden in die Epidermis (Oberhaut), die darunter liegende Dermis (Lederhaut) und die am weitesten innen liegende Subcutis (Unterhaut) eingeteilt. In allen 3 Schichten befinden sich Zellen des Tastorgans Haut.

Die Epidermis ist ein mehrschichtig verhornendes Plattenepithel, das zum größten Teil aus Keratinozyten (Epithelzellen) besteht. Darin eingelagert sind die Melanozyten, die mit ihrer Pigmentbildung die Hautfarbe ausmachen. Des Weiteren kommen Langerhanszellen und Lymphozyten vor, denen eine immunologische Abwehrfunktion innewohnt. Für den hier angestrebten Betrachtungsschwerpunkt sind jedoch vor allem die sogenannten Merkelzellen von Bedeutung. Es handelt sich hierbei um dendritische Sinneszellen, deren Dichte lokalisationsabhängig stark variiert. So finden sich zum Beispiel in den haarlosen Hautarealen der Handfläche und Fußsohle sehr viel mehr Merkelzellen als auf behaarter Haut (Fradette et al. 1995), was unter dem Aspekt der Tastfunktion der Extremitäten auch logisch erscheint. Die Merkelzellen werden in der meisten Literatur als Mechano- oder Druckrezeptoren gesehen, die von langsam adaptierenden Nervenfasern versorgt werden (Halata, 1993). Jedoch ist ihre genaue Funktion nach wie vor nicht vollständig geklärt und umstritten (Moll, 2005).

Die Dermis besteht vorwiegend aus Bindegewebsfasern und Blutgefäßen zur epidermalen Versorgung. Hier befinden sich auch die Ursprünge von Haaren, Talg- und Schweißdrüsen. Auch in der Dermis liegen taktile Rezeptoren in Form von Ruffini-Kolben und Meissner-Tastkörperchen vor. Ruffini-Kolben sind spindelförmige Gebilde, die wie die Merkelzellen zu den langsam adaptierenden Mechanosensoren zählen. Sie dienen vor allem als Dehnungsrezeptoren und kommen auch in Gelenkkapseln, beispielhaft im distalen Interphalangealgelenk (Chikenji et al. 2011), vor. Meissner-Tastkörperchen sind schnell adaptierende Sensoren, das heißt, sie können vor allem Geschwindigkeiten detektieren. Da ihr rezeptives Feld wie auch das der Merkelzellen sehr klein ist (Schmidt, 2007), ermöglichen sie ein besonders gutes Auflösungsvermögen.

Die wichtigsten Tastkörperchen der Subcutis sind die Vater-Pacini-Körperchen. Sie sind sehr schnell adaptierend und daher in der Lage Beschleunigungen zu messen. Damit sind sie zusammen mit den Meissner-Tastkörperchen die Hauptvermittler des Vibrationsempfindens.



In Abbildung 11 ist links eine Zusammenschau der Hautschichten mit den in ihnen befindlichen Sinnesrezeptoren dargestellt. Letztere sind rechts noch einmal im Einzelnen dargestellt. Die die Haut nach außen hin begrenzende Schicht ist die Cornea (1). Darunter folgt die Epidermis (2), in der die mechano- und druckrezeptiven Merkelzellen eingelagert sind (5). In der Dermis (3) befinden sich Ruffini-Körperchen (7), die vorwiegend als Dehnungsrezeptoren gelten und die ebenfalls mechanosensiblen Meissner-Tastkörperchen (6). Die in der Subcutis (4) gelegenen Vater-Pacini-Körperchen (8) sind u.a. Vermittler des Vibrationsempfindens.

Neben den bisher genannten Hautsensoren sind noch einige weitere sensorische Einheiten wie beispielsweise die Pinkus-Haarscheiben entdeckt und beschrieben worden. Da sie funktionell aber den bisher genannten Sensoren entsprechen, kann man sie unter dem Sammelbegriff „komplexe sensorische Nervenformation“ subsummieren (Malinovský, 1990).

Grobe Druck- und Tastempfindungen sowie Temperatur- und Schmerzempfinden werden über die Vorderseitenstrangbahnen (Tractus spinothalamicus anterior und lateralis) zum Nucleus ventralis des Thalamus fortgeleitet. Dies sei hier aber nur der Vollständigkeit halber erwähnt, da auf Nozizeption und Thermozeption im nächsten Kapitel noch genauer eingegangen wird (siehe 2.4.2 Grundlagen der Nozizeption).

Die epikritische Sensibilität in Form von mechanorezeptiven und propriozeptiven Reizen wird über die Hinterstrangbahnen im Rückenmark zu den medullären Hinterstrangkernen Nucleus cuneatus und Nucleus gracilis geleitet.

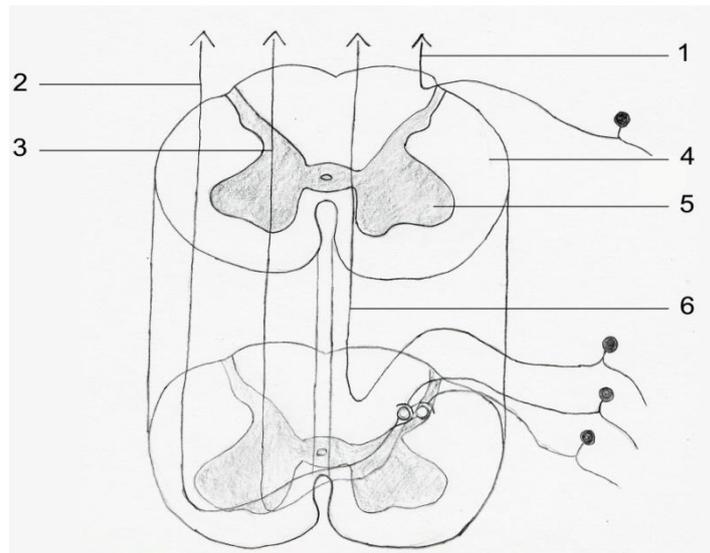


Abbildung 12 zeigt die Nervenbahnen auf Rückenmarksebene, die die somatosensible Information aus der Peripherie fortleiten. Die Gesamtheit aller Leitungsbahnen bildet die weiße Substanz (4) des Rückenmarks, die sich von der die Perikaria enthaltenden grauen Substanz (5) abgrenzt. Grobe Druck- und Tastempfindungen sowie Temperatur- und Schmerzempfinden werden über den Vorderseitenstrang (2,3) nach zentral weitergeleitet. Dieser gliedert sich in den Tractus spinothalamicus anterior (3) und lateralis (2). Für die Fortleitung der extero- und propriozeptiven Impulse der epikritischen Sensibilität sind die Hinterstrangbahnen (1,6) verantwortlich, welche in die Versorgung von oberer und unterer Extremität aufgegliedert sind. Proximal bis zum oberen Thorakalmark sammeln sich die Fasern der oberen Extremität zum Fasciculus cuneatus (1). Kaudal bildet sich aus den epikritischen Fasern der unteren Extremität der Fasciculus gracilis (6).

Nach dortiger Umschaltung auf das zweite Neuron ziehen die Fasern als Lemniskus medialis auf der Gegenseite zum Thalamus, weswegen die Mechanorezeption auch als lemniskales System bezeichnet wird. Projektionsort nach erneuter Umschaltung im Thalamus ist wie beim trigeminalen System der somatosensorische Cortex im Gyrus postcentralis. Die somatotopische Repräsentation der verschiedenen sensiblen Körperareale im Gyrus postcentralis ist als sogenannter Homunculus in Abbildung 13 dargestellt.

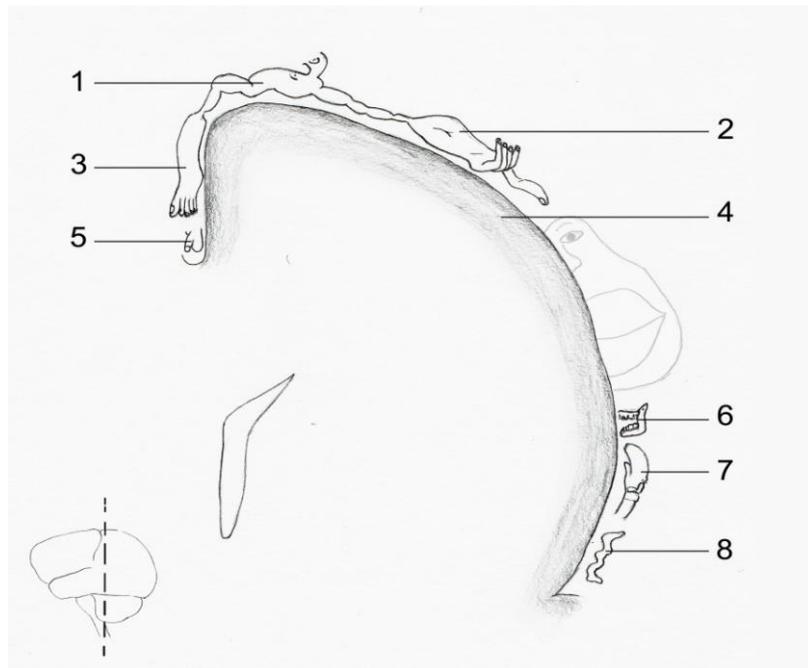


Abbildung 13 zeigt erneut den somatosensiblen Cortex (4) mit den Repräsentationsorten der einzelnen Organe. In dieser Abbildung ist das trigeminale System ausgegraut. In der Region der Mantelkante sind die untere Extremität (3) und der Torso (1) repräsentiert. Die Repräsentationsregion der Genitalien (5) liegt in der kaudalen Fissura longitudinalis cerebri. Auch hier fällt analog zum trigeminalen System auf, dass den besonders dicht sensibel innervierten Organen ein großes Abbildungsareal zukommt. Dies trifft vor allem auf die Hand (2) und hier insbesondere den Zeigefinger zu. In der lateralen sensiblen Großhirnrinde sind Kaumuskulatur (6), Zunge und Hypopharynx (7) sowie die Eingeweide (8) repräsentiert.

Sekundäres somatosensorisches Areal ist hauptsächlich der operkuloinsuläre Cortex.

Zur vollständigen Beschreibung des somatosensiblen Systems gehören neben der oben erläuterten Ektozeption auch Propriozeption sowie Enterozeption. Auf diese soll jedoch wegen des fehlenden Bezugs zur vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen werden.

2.4.2 Grundlagen der Nozizeption

Die am weitesten verbreitete Definition von Schmerz wurde 1979 von der International Association for the Study of Pain veröffentlicht:

„Pain is an unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage.“ (IASP, 1979).

Wie in der Definition schon anklingt, liegt der Schmerzwahrnehmung häufig eine Gewebeschädigung zugrunde. Der akute Schmerz hat also vor allem warnende Funktion.

Chronische Schmerzen hingegen haben diesen Warncharakter verloren. Wie entsteht aber Schmerz?

Reize, die das Gewebe schädigen oder zu schädigen drohen, werden von Nozizeptoren wahrgenommen. Diese sind häufig unmyelinisierte Nervenfasereindigungen, in denen toxische Reize in elektrische Generatorpotentiale umgewandelt werden (Schmidt & Schaible 2006). Nozizeptoren kommen quasi in allen Körpergeweben vor (bis auf Hirngewebe und Leberparenchym) und ihre Dichte in der Haut ist höher als die aller anderen Hautrezeptoren. Nozizeptoren können meist polymodal erregt werden, das heißt, sie sprechen sowohl auf mechanische Reizung wie Druck oder Quetschung, aber auch auf elektrische, thermische oder chemische Noxen an. Es sind aber auch spezifische Nozizeptoren bekannt, die mechanisch induzierte, schmerz erzeugende Reize detektieren. Elektrische Schmerzreize werden durch direkte Übertragung auf den Nerv vermittelt. Welche Reizformen ein Nozizeptor sonst detektieren kann, hängt von seinem Rezeptorbesatz ab. Dies ist ein sehr breites und komplexes Forschungsfeld, sodass hier nur einige Rezeptoren und Mediatoren exemplarisch genannt seien. Zu den wichtigsten Vertretern der Thermorezeptoren gehören die bereits in der Einleitung erwähnten und auch durch Capsaicin aktivierbaren Vanilloid-1-Rezeptoren der TRP-Rezeptorfamilie (Julius & Basbaum 2001). Bradikinin- und Prostaglandin-E-Rezeptoren dienen der chemosensorischen Schmerzvermittlung durch Gewebsentzündungsmediatoren (Schmidt & Schaible 2006). Protonen, die in entzündetem Gewebe frei werden, können über sogenannte ASIC-Rezeptoren (Acid-sensing ion channels) detektiert werden und so Schmerz auslösen (Deval et al. 2010). Es fällt auf, dass einige der hier genannten Rezeptoren auch schon bei der Beschreibung des trigeminalen Systems erwähnt wurden. Dies unterstreicht erneut, dass das trigeminale System als Teil der Somatosensorik gesehen werden muss.

Die Fortleitung des Schmerzsignals geschieht wie auch beim trigeminalen System über zwei Nervenfasertypen: die langsam leitenden unmyelinisierten C-Fasern sowie die schneller leitenden, dünn myelinisierten A δ -Fasern. Man nimmt wiederum an, dass die A δ -Fasern für den hellen, scharfen und stechenden Sofortschmerz-Charakter verantwortlich sind, während C-Fasern später einsetzende, dumpfe Schmerzen vermitteln (Julius & Basbaum 2001). Die Somata der sensiblen Afferenzen liegen in den Spinalganglien. Im Hinterhorn des Rückenmarks werden sie auf das zweite Neuron umgeschaltet. Dabei kommt es zu einer starken Konvergenz der Neurone, sodass der Ursprung der Schmerzen durch das Individuum schwer lokalisiert werden kann bzw. das Gehirn zur Festlegung der Schmerzlokalisierung auf gelernte Muster zurückgreifen muss. Hierdurch lässt sich das Phänomen der Head'schen Zonen erklären, bei dem viszerale Schmerzen auf spezifische Hautareale projiziert werden (beispielsweise häufige Schmerzen im linken Arm bei Vorliegen

eines Myokardinfarkts oder Schmerzen in der rechten Schulter bei Gallengangskoliken). Einige der nozizeptiven Afferenzen werden im Rückenmark reflexverschaltet, sodass ohne Bewusstwerdung der Schmerzen ein Fluchtreflex ausgelöst wird. So geschieht beispielsweise das Zurückziehen der Hand nach Berührung einer heißen Herdplatte reflexgesteuert automatisiert. Außerdem setzen manche Nervenfasern auch schmerzmodulierende Neuropeptide frei. Der Hauptteil der Fasern läuft jedoch im Vorderseitenstrang zum Thalamus. Durch die Aktivierung des thalamokortikalen Systems wird der Schmerz bewusst.

Trotz aller physiologischen Erklärbarkeit von Schmerzempfindungen bleiben Schmerzen immer ein subjektives Gefühl. Dieser Umstand macht es so schwer, Schmerzen zu quantifizieren und zu objektivieren, was auch ein später noch zu diskutierendes Problem bei den Messungen der vorliegenden Studie war.

2.5 Persönlichkeit und Möglichkeiten ihrer Beschreibung

Obwohl der Begriff „Persönlichkeit“ uns im Alltag geläufig ist und wir ihn vielfach verwenden, liegt eine erschöpfende Definition des Wortes nicht sofort auf der Hand. Die in der Persönlichkeitsforschung am häufigsten verwendete Definition bezeichnet Persönlichkeitszüge als „enduring tendencies or habitual patterns of behaviour, thought and emotion“ - überdauernde Tendenzen oder gewohnte Muster des Verhaltens, Denkens und Fühlens (McCrae & Costa 2003).

Um Persönlichkeit zu beschreiben, wurden viele Modelle entwickelt, die verschiedene Persönlichkeitszüge untersuchen und definieren. Die Komplexität dieser Modelle hat eine große Reichweite. Das Fünffaktoren-Modell der Persönlichkeit (Goldberg, 1990) stellt eine wissenschaftlich breit etablierte Möglichkeit dar, die Ausprägung verschiedener Persönlichkeitsvariablen zu beschreiben. Es benennt fünf Dimensionen der Persönlichkeit: Extraversion, Neurotizismus, Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit. Diese „Big Five“ stellten sich in vorangegangenen Studien als ideales Instrument dar, die Ausprägung von Persönlichkeitsmerkmalen vereinfacht effektiv und trotzdem umfassend zu erfassen (zur Geschichte der „Big Five“ siehe 2.5.1 Der NEO-FFI).

Wie sich Persönlichkeit aber entwickelt und welche Einflüsse auf sie einwirken, stellt derzeit eines der zentralen Themen der Persönlichkeitsforschung dar. Was führt dazu, dass Menschen in gleichen Situationen anders denken, fühlen oder handeln als andere? In dem Versuch diese Fragen zu beantworten, kommen Persönlichkeitsforscher immer wieder zu

dem Streitpunkt „nature versus nurture“ zurück. In Extremen gesprochen: Sind es unsere Gene, die uns unsere Persönlichkeitsentwicklung diktieren oder allein die Einflüsse aus der Umwelt, die uns letztendlich zu dem Menschen gemacht haben, der wir sind? Häufig wird das sogenannte Temperament als biologisch intrinsische Ausgangssituation gesehen, aus der sich die Persönlichkeit entwickelt (McCrae et al. 2000). Costa und McCrae konstatieren, dass auch für die Beschreibung des Temperaments das Fünffaktoren-Modell greift. Durch eine groß angelegte, länder- und kulturenübergreifende Studie (5085 Probanden ab einem Alter von 14 Jahren in Deutschland, Großbritannien, Spanien, Tschechien und der Türkei) konnten McCrae et al. zeigen, dass es sich bei der individuellen Ausprägung der „Big Five“ um eine Grundanlage der Persönlichkeit handelt, die die Persönlichkeitsentwicklung in eine bestimmte Richtung vorgibt und die zunächst unabhängig von Umwelteinflüssen determiniert ist und andauert (McCrae et al. 2000).

Aufgrund der zuvor beschriebenen Stabilität der „Big Five“, unabhängig von Alter, sozialem und kulturellem Hintergrund, eignete sich dieses Modell hervorragend zur Anwendung in der vorliegenden Arbeit. Es war uns hier wie auch bei der Ermittlung der sensorischen Schwellen besonders wichtig, Umwelteinflüsse auszuschließen, um eine möglichst reliable Aussage zur Korrelation von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeit treffen zu können.

2.5.1 Der NEO-FFI

Beim NEO-FFI, ausgeschrieben NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO ist hierbei ein Akronym für drei von den fünf Dimensionen: N-Neurotizismus, E-Extraversion, O-Offenheit für Erfahrungen), handelt es sich um einen Fragebogen, der als Messinstrument für die individuelle Merkmalsausprägung der oben genannten „Big Five“ dient.

Die Theorie der „Big Five“ geht auf den sogenannten psycho-lexikalischen Ansatz zurück, der in den 1930er Jahren durch Baumgarten im deutschsprachigen Raum und noch bedeutsamer durch Allport und Odbert sowie Cattell in den Vereinigten Staaten vertreten und in Studien untersucht wurde. Dieser auch als Sedimentationshypothese bezeichnete Ansatz umfasst die Annahme, dass sich individuelle Unterschiede zwischen Menschen, die bedeutsam, interessant oder nützlich sind oder waren in der Sprache als Eigenschaftswörter niederschlagen. Je mehr Bedeutung eine solche Eigenschaft hat bzw. hatte, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie sich als eigenes Wort in der Sprache durchsetzte. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Begriffe, die sich zur Beschreibung von Persönlichkeit eignen und in Lexika aufgeführt sind, das Universum aller wichtigen menschlichen Eigenschaften komplett abdecken. Dieser Theorie folgend sammelten Allport und Odbert 1936 fast 18.000 Begriffe, die sich zur Beschreibung von Persönlichkeit eigneten. Diese wurden von Cattell 1943 mithilfe faktorenanalytischer Methoden auf 4504 Begriffe reduziert,

die aufgrund semantischer Ähnlichkeiten 171 Clustern von Synonymen zugeordnet werden konnten. In einem weiteren Schritt reduzierte Cattell die Liste auf 35 Variablencluster. Auf die Details dieser Prozeduren soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da sie vor allem von wissenschaftshistorischem Interesse sind. Es folgte eine Vielzahl weiterer faktorenanalytischer Studien, aus denen sich letztendlich die fünf sehr stabilen und weitgehend kulturenübergreifenden „Big Five“ herauskristallisierten.

Das Modell der „Big Five“ ist Grundlage des von Costa und McCrae entwickelten Persönlichkeitsfragebogens NEO-FFI. Er konzentriert sich auf die Erfassung der fünf Persönlichkeitsdimensionen bei psychisch gesunden Jugendlichen und Erwachsenen. Er umfasst insgesamt 60 Items, von denen sich jeweils 12 Items zu einem der fünf Faktoren zuordnen lassen. Dabei sind die Fragen als Aussagen formuliert, bei denen der Proband entscheiden muss, inwieweit er sie auf den eigenen Charakter zutreffend empfindet. Dazu steht ihm eine fünffach abgestufte Skala zur Verfügung (starke Ablehnung, Ablehnung, Neutral, Zustimmung, starke Zustimmung), sodass der Proband die Stufe ankreuzen kann, die am ehesten auf ihn zutrifft.

Der ursprünglich englischsprachige Persönlichkeitstest wurde 1993 von Borkenau und Ostendorf ins Deutsche übertragen und existiert auch noch in einer ausführlicheren Version, dem sogenannten NEO-PI-R (Revised NEO Personality Inventory). Im NEO-PI-R umfasst jeder der fünf Faktoren sechs Facetten, die wiederum mit acht Items erfasst werden. Insgesamt besteht er also aus 240 Items, deren Erhebung natürlich viermal so lange dauert wie das Beantworten des NEO-FFI mit seinen 60 Items. Der NEO-FFI wurde dem NEO-PI-R in der vorliegenden Studie einerseits aus auf der Hand liegenden Gründen der Praktikabilität vorgezogen, andererseits aber auch deswegen, weil der NEO-FFI eine absolut hinreichend genaue Messung der fünf Faktoren zu gewährleisten vermag.

Die „Big Five“ sind jetzt bereits mehrfach erwähnt und auch benannt worden. Trotzdem ist es sinnvoll, ihre Bedeutung noch einmal aufzuschlüsseln, um eine genauere Vorstellung von ihnen zu bekommen. Im von Borkenau und Ostendorf veröffentlichten Manual zum Fragebogen ist klar definiert, was sich hinter den „Big Five“ verbirgt:

Die Dimension Neurotizismus steht für die Ausprägung von Nervosität, Ängstlichkeit, Traurigkeit und Unsicherheit. Personen mit hohen Neurotizismuswerten sollen zudem dazu neigen, unrealistische Ideen zu entwickeln und seien weniger in der Lage, ihre Bedürfnisse zu kontrollieren und angemessen auf Stresssituationen zu reagieren (Borkenau & Ostendorf 2008).

Der Faktor Extraversion fasst Eigenschaften wie Geselligkeit, Herzlichkeit und Optimismus zusammen. Personen mit hohen Extraversionswerten gelten als aktiv und heiter und sie mögen Anregungen und Aufregung. Mit ihrer personenorientierten und gesprächigen Art fällt es ihnen leicht, auf andere Personen zuzugehen (Borkenau & Ostendorf 2008).

Menschen, die hohe Werte in der Dimension Offenheit für Erfahrungen (Openness to Experience) aufweisen, gelten als wissbegierig, kreativ und phantasievoll. Sie bevorzugen die Abwechslung und haben vielfältige kulturelle Interessen. Sie weisen zudem die Fähigkeit auf, unabhängig zu urteilen (Borkenau & Ostendorf 2008).

Die Dimension Verträglichkeit (Agreeableness) steht für altruistische, mitfühlende und verständnisvolle Individuen. Sie werden als wohlwollend beschrieben und haben ein starkes Harmoniebedürfnis. Damit einher gehen ein hohes Maß an zwischenmenschlichem Vertrauen sowie Kooperativität und Nachgiebigkeit (Borkenau & Ostendorf 2008).

Gewissenhaftigkeit (Conscientiousness) subsummiert Adjektive wie ordentlich, zuverlässig und diszipliniert. Die Ausprägung dieses Faktors unterscheidet pünktliche, penible, ehrgeizige und hart arbeitende Personen von eher nachlässigen und gleichgültigen Menschen (Borkenau & Ostendorf 2008).

Einige ausgewählte Items sind als Beispiele in der nachstehenden Tabelle 1 aufgeführt. Ein vollständiges Abdrucken des Persönlichkeitsfragebogens ist aus urheberrechtlichen Gründen leider nicht möglich.

Faktor	Itembeispiel
Neurotizismus	Ich fühle mich oft angespannt und nervös.
Extraversion	Ich habe gerne viele Leute um mich herum.
Offenheit	Ich habe oft Spaß daran, mit Theorien oder abstrakten Ideen zu spielen.
Verträglichkeit	Ich versuche zu jedem, dem ich begegne, freundlich zu sein.
Gewissenhaftigkeit	Ich habe eine Reihe von klaren Zielen und arbeite systematisch auf sie zu.

Tabelle 1 - Unter der Überschrift „Faktor“ sind die fünf Faktoren aufgelistet. Dazu ist jeweils ein originales Itembeispiel aus dem Fragebogen NEO-FFI aufgeführt (©2008 Hogrefe Verlag, Göttingen).

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine offene Studie. Ziel der Messungen war das Erfassen sensorischer Schwellen gesunder Probanden sowie die Erstellung eines Profils der Ausprägung bestimmter Persönlichkeitsmerkmale anhand des NEO-FFI (Costa & McCrae 1992). Der Studienaufbau erfolgte gemäß der Deklaration von Helsinki - „Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen“ (World Medical Association, 2008) und wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus genehmigt.

3.2 Probanden

3.2.1 Allgemeines

Insgesamt nahmen 126 Probanden an der Studie teil. Davon waren 41 Personen männlichen und 85 Personen weiblichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter betrug 24 Jahre (Standardabweichung = 5). Die Zusammenfassung der demografischen Daten der Probanden ist in Tabelle 2 dargestellt.

	weiblich	männlich
n	85	41
<u>Alter [Jahre]</u>		
MW	24	25
SD	5	5
Min.	19	18
Max.	52	48

Tabelle 2 - Die Tabelle zeigt die demografischen Daten der Probanden, aufgelistet nach Geschlecht und Altersverteilung. Die Alterszahlen sind in Jahren angegeben und ganzzahlig gerundet. MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

Bei den meisten Studienteilnehmern handelte es sich um Studenten oder Mitarbeiter der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden, die sich

freiwillig als Probanden zur Verfügung stellten. Zunächst beantworteten die Probanden einen detaillierten Fragebogen zu aktuellem Gesundheitszustand, Vorerkrankungen und Medikamenteneinnahme, um ihre Studientauglichkeit festzustellen. Die Probanden mussten im Vorhinein bestätigen, sich subjektiv gesund und dazu in der Lage zu fühlen, an der Studie teilzunehmen. Nach Aufklärung über das Procedere der Testungen willigten alle Probanden schriftlich in die Teilnahme ein.

3.2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Berechtigt zur Studienteilnahme waren alle Personen ab 18 Jahren, deren Muttersprache Deutsch war. Letzteres wurde gefordert, um die Beantwortung der deutschen Fassung des Persönlichkeitstests NEO-FFI zu standardisieren und vergleichbar zu machen. Weitere Voraussetzung waren subjektives Gesundheitsgefühl und insbesondere die Abwesenheit von Erkrankungen des Hals-Nasen-Ohren-Trakts. Dementsprechend führten akute grippale Infekte am häufigsten im Vorhinein zum Ausschluss von der Studie. Erkrankungen, auf die im Rahmen der Feststellung der Studientauglichkeit außerdem speziell hingewiesen wurde, waren Diabetes mellitus, Morbus Parkinson, Erkrankungen des Gemüts (insbesondere manifeste Depression, Manie und bipolare Störungen) und den Hals-Nasen-Ohren-Bereich betreffende stattgehabte Unfälle oder Operationen. Zudem wurden auch Frauen in Schwangerschaft und Stillzeit von der Studie ausgeschlossen.

Ab eine Stunde vor Beginn des Studientermins durften die Probanden weder rauchen noch essen oder etwas anderes trinken als Wasser, um die Messungen der Sinneswahrnehmungen nicht zu beeinträchtigen.

3.2.3 Teilnahme an den Einzelmessungen

Aus technischen und organisatorischen Gründen nahmen nicht alle Probanden an allen Messungen teil. Außerdem konnten einzelne Datensätze aufgrund von Fehlmessungen nicht für die Berechnungen verwendet werden. Im Einzelnen wurden bei allen Probanden Riech- und Schmeckschwelle bestimmt. Des Weiteren beantworteten alle Probanden den Persönlichkeitsfragebogen. Aus der Bestimmung der kutanen Sensibilitäts- und Schmerzschwelle kamen 123 von 126 Datensätzen zur Auswertung. Die trigeminalen Messungen konnten nur bei 106 Probanden durchgeführt werden. Eine Zusammenfassung der Teilnahme an den Einzelmessungen zeigt Tabelle 3.

	n weiblich	n männlich	Gesamt
Riechschwelle	85	41	126
Schwelle salzig	85	41	126
Schwelle sauer	85	41	126
Schwelle elektrisch	84	39	123
Schmerz elektrisch	83	34	117
Schwelle CO ₂	71	35	106
Schmerz CO ₂	69	34	103

Tabelle 3 zeigt die Anzahl der gültigen Datensätze, die für die Berechnungen verwendet wurden (n = Anzahl).

3.2.4 Anamnesebogen

In der schriftlichen Anamnese, die vor den Messungen mithilfe eines standardisierten Fragebogens erhoben wurde, gaben die Probanden Auskunft zu relevanten Vorerkrankungen sowie ihren Lebensgewohnheiten. Außerdem schätzten sie ihr Riech- und Schmeckvermögen sowie ihre subjektive Schmerzempfindlichkeit ein. Dabei sollte jeweils angekreuzt werden, wie der Proband sein Riech- und Schmeckvermögen sowie sein Schmerzempfinden „im Vergleich zu anderen“ beurteilte. Die Auswahl der Attribute war für Riech- und Schmeckvermögen wie folgt: sehr gut, deutlich besser, etwas besser, normal, etwas schlechter, deutlich schlechter, sehr schlecht, keine Riech-/Geschmackswahrnehmung. Für die Schmerzempfindlichkeit stand zur Auswahl: sehr empfindlich, deutlich empfindlicher, etwas empfindlicher, normal, etwas weniger empfindlich, deutlich weniger empfindlich, nicht empfindlich, kein Schmerzempfinden.

3.3 Versuchsablauf

Zunächst wurden die Probanden über den Inhalt der Studie aufgeklärt und erklärten sich schriftlich mit der Durchführung einverstanden. Die Probanden wurden zudem davon in Kenntnis gesetzt, die Studie zu jedem Zeitpunkt ohne Konsequenzen abbrechen zu dürfen. Diese Möglichkeit nahm jedoch kein Proband in Anspruch. Nach Beantwortung des Anamnesebogens wurden die Probanden aufgefordert, den Persönlichkeitsfragebogen NEO-FFI (Costa & McCrae 1992) gewissenhaft auszufüllen. Sie wurden darauf hingewiesen, die Fragen der Reihe nach spontan zu beantworten und keine Frage auszulassen. Das Beantworten der Fragen nahm etwa 15-20 Minuten in Anspruch. Im Anschluss erfolgte die

Messung der verschiedenen sensorischen Schwellen in randomisierter Reihenfolge. Ausnahmslos konstant blieb hierbei jedoch, dass die Testung der Riechschwelle stets vor den Messungen am Olfaktometer durchgeführt wurde, um mögliche Einflüsse des Luftstroms auf die Nasenschleimhaut und damit auf die Riechfunktion auszuschließen. Zwischen den Messungen der verschiedenen Schwellen hatten die Probanden etwa 5 Minuten Zeit sich zu erholen. Die Zeit zur vollständigen Durchführung eines Studientermins betrug ca. 1,5 Stunden.

3.4 Messmethoden

3.4.1 Allgemeines

Die Messungen wurden in einem gut belüfteten, geruchsneutralen Raum durchgeführt. Während aller Messungen trugen die Probanden eine lichtundurchlässige Augenmaske, um einerseits das Testprocedere zu verdecken und andererseits eine Ablenkung durch visuelle Reize zu vermeiden. Auch zusätzliche akustische Reize wurden im Rahmen der räumlichen Möglichkeiten vermieden. Sämtliche Wahrnehmungsschwellen wurden nach dem 3-Alternativen-forced-choice-Prinzip ermittelt (genauere Erläuterung siehe 3.4.2 Riechtest). Gemessen wurden die Schwellen für Riechen (Geruchsqualität Rosenduft), Schmecken (Qualitäten sauer und salzig), trigeminale Reizung (intranasale Applikation von CO₂) und taktile kutane Reizung (elektrischer Stimulus). Außerdem erfolgte für die trigeminale und für die taktile kutane Reizung jeweils die Bestimmung der Schmerzschwelle.

3.4.2 Riechtest

Die Testung der Riechschwelle wurde mithilfe des Sniffin' Sticks-Tests ermittelt (Burghart Messtechnik, Wedel, Deutschland). Das Testverfahren wurde 1996 von Kobal und Hummel entwickelt und besteht grundsätzlich aus drei Teilen: Schwellentest, Diskriminationstest und Identifikationstest (siehe auch 2.1.2 Erfassung der Riechfunktion). In der vorliegenden Arbeit ging es jedoch nur um die Bestimmung der Riechschwelle, sodass nur der erste Teil des Standardtests verwendet wurde. Das dazu notwendige Testkit besteht aus Filzstiften, die mit Riechstoff bzw. geruchlosem Lösungsmittel befüllt sind. Bei dem verwendeten Riechstoff handelte es sich um Phenylethylalkohol (PEA), welcher dem Duft von Rosen entspricht. Dieser Riechstoff ist in 16 Konzentrationsstufen auf die Stifte verteilt, wobei die Ausgangskonzentration einer vierprozentigen Lösung entspricht, die pro Konzentrationsstufe jeweils 1:2 verdünnt ist.

Durch Abziehen der Filzstiftkappe und etwa 3 Sekunden dauernder Präsentation der Filzstiftspitze ca. 2 cm unter beiden Nasenlöchern des Probanden wurde der Riechstoff freigesetzt. Vor Beginn der Messung präsentierte der Untersucher dem Probanden zunächst den am höchsten konzentrierten Stift, um den Probanden mit dem Geruch vertraut zu machen. Darauf folgend wurde nacheinander jeweils ein Triplet bestehend aus zwei Stiften mit Lösungsmittel (also ohne Geruch) und einem Stift mit PEA angeboten. Um dem Probanden die Zuordnung zu erleichtern bzw. ihm erkennbar zu machen, wann sich ein Stift unter seiner Nase befand, benannte der Untersucher die Stifte mit den Zahlen 1, 2 und 3. Außerdem wurde der Proband zum Einschnüffeln während der Stiftpräsentation aufgefordert. Der Proband musste nach jedem Triplet entscheiden, welcher der drei Stifte den Riechstoff enthielt. Auch wenn der Proband angab, bei allen drei Stiften nichts gerochen zu haben, musste er eine Entscheidung für den Stift treffen, der seiner Meinung nach am ehesten den Geruch enthalten haben könnte. Während der Messung bekam der Proband kein Feedback darüber, ob seine Antwort richtig oder falsch war. Außerdem variierte die Position (1., 2. oder 3.) des den Riechstoff enthaltenden Stiftes zufällig.

Abbildung 14 zeigt die Palette der Sniffin' Sticks, die für die Riechschwellenbestimmung verwendet wurden.



Abbildung 14 – Zu sehen ist die Palette der Sniffin' Sticks, die für die Bestimmung der Riechschwelle verwendet wurden. Dabei enthalten die Stifte mit der roten Kappe den Riechstoff, während blaue und grüne Stifte nur mit neutralem Lösungsmittel befüllt sind.

Die Testung eines Beispielprobanden mithilfe der Sniffin' Sticks ist in Abbildung 15 dokumentiert.



Abbildung 15 – Beispielproband mit Maske während des Riechtests. Der Riechstift wird mit der behandschuhten Hand für etwa 3 Sekunden ca. 2 cm unter beiden Nasenlöchern geschwenkt.

Im Folgenden soll die Messung nach der sogenannten „staircase-forced-choice“-Methode erklärt werden: Ausgehend von der niedrigsten Konzentrationsstufe 16 wurde zunächst der Startpunkt der Messung ermittelt, indem die Konzentrationsstufen in Zweierstufen (16,14,12 usw.) so lange erhöht wurden, bis der Proband zweimal hintereinander die selbe Konzentrationsstufe richtig identifiziert hatte. Hier befand sich der Startpunkt der Messung und gleichzeitig der erste Wendepunkt. Nachfolgend wurde die Konzentration so lange wieder erniedrigt, bis der Proband einmal falsch lag. Dies wiederum stellte den zweiten Wendepunkt der Messung dar. Es folgte wieder eine Konzentrationserhöhung bis zum zweimalig richtigen Erkennen usw. Nach sieben Wendepunkten wurde die Messung beendet. Der Testwert für die Riechschwelle ergab sich aus dem arithmetischen Mittel der letzten vier Wendepunkte.

Das Messprinzip ist anhand der Messtabelle eines Beispielprobanden in Abbildung 16 grafisch dargestellt und erläutert.

	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8	+	+				+	+
9			+	-		-	
10	+	-					
11							
12	-						
13							
14	+	-					
15							
16	-						

Testwert	8,5
----------	-----

Abbildung 16 zeigt die Messtabelle einer Beispielmessung. Die senkrechte Zahlenreihe am linken Tabellenrand steht für die Konzentrationsstufen der Sniffin' Sticks. Es wird zunächst in Zweiserschritten in aufsteigender Konzentration gemessen, bis im Beispiel der Proband die Stufe 8 zweimal in Folge richtig erkennt. Es folgt die Messung der Stufe 9, die beim zweiten Mal falsch erkannt wird. In der dritten Messreihe wird Stufe 8 wiederum zweimal erkannt usw. Die letzten vier Wendepunkte, aus deren arithmetischem Mittel sich die Riechschwelle ergibt, sind eingekreist. Der Testwert für dieses Beispiel beträgt somit 8,5.

3.4.3 Schmecktest

Im Schmecktest wurden die Geschmacksqualitäten sauer und salzig untersucht, da beide Geschmacksrichtungen typischerweise sehr prägnant wahrnehmbar sind. Die Testung basierte auf dem Einsatz von Schmeckstreifen, sogenannten Taste Strips (Mueller et al. 2003; siehe auch 2.3.2 Erfassung der Schmeckfunktion). Diese wurden vom Untersucher im Vorhinein für alle Messungen wie folgt hergestellt: Zunächst wurden die Stammlösungen der beiden Geschmäcke sauer und salzig durch Mischen von Natriumchlorid bzw. Zitronensäure mit destilliertem Wasser angesetzt (0,25 g NaCl/ml H₂O bzw. 0,3 g Zitronensäure/ml H₂O; Landis et al. 2009). Die Stammlösungen wurden jeweils 2:1 mit destilliertem Wasser verdünnt, um die einzelnen Konzentrationsstufen zu erhalten. Es wurden 14

Konzentrationsstufen für die Qualität salzig und 10 Konzentrationsstufen für die Qualität sauer hergestellt.

Der Unterschied in der Stufenzahl ergibt sich dadurch, dass der Test durch den Untersucher in dieser Form erst neu etabliert werden musste. So waren ursprünglich für beide Geschmacksrichtungen 10 Konzentrationsstufen geplant. Durch vor Beginn der eigentlichen Studie veranlasste Testmessungen fiel jedoch auf, dass die damals am niedrigsten salzig konzentrierte Stufe 10 bereits auffällig häufig eindeutig identifiziert werden konnte. Daraufhin wurden noch vier weitere Verdünnungsstufen hergestellt, um eine präzisere Differenzierung des Schmeckvermögens zu erhalten.

In die jeweiligen Lösungen wurde der 1 cm große Kopf der 8 cm langen Filterpapierstäbchen (Burghart, Wedel, Deutschland) 5 Sekunden lang eingetaucht und somit imprägniert. Die feuchten Stäbchen trockneten in einer sich ständig drehenden Halterung, sodass eine gleichförmige Beschichtung des Stäbchenkopfes mit Geschmacksstoff gewährleistet war.

Zur eigentlichen Bestimmung der Geschmacksschwelle wurden dem Probanden, dessen Augen wiederum verbunden waren, nacheinander 3 Taste Strips in die Hand gegeben, die er sich in den Mund legte. Dabei wurde die Anweisung gegeben, das Stäbchen etwa mittig auf der Zunge zu platzieren und den Geschmack im gesamten Mund zu verteilen. Ziel war es herauszufinden, welches der drei Stäbchen nach etwas schmeckte. Zwischen jedem Tripletts spülte sich der Proband mit frischem Wasser den Mund aus, um Reste von Geschmacksstoff im Mund zu vermeiden. Begonnen wurde mit der niedrigsten Konzentration an Geschmacksstoff (entsprechend Stufe 14 bzw. 10). Erkannte der Proband das beschichtete Stäbchen richtig, so wurde diese Konzentration erneut getestet. Bei Falscherkennen folgte das Tripletts der nächst höheren Konzentration usw. Die Geschmacksschwelle befand sich bei der Konzentrationsstufe, deren beschichtetes Stäbchen dreimal in Folge richtig identifiziert wurde.

In Abbildung 17 ist als Anschauungsbeispiel ein Schmeckstreifen abgebildet. Abbildung 18 zeigt den Beispielprobanden während der Messung mit einem Schmeckstreifen.

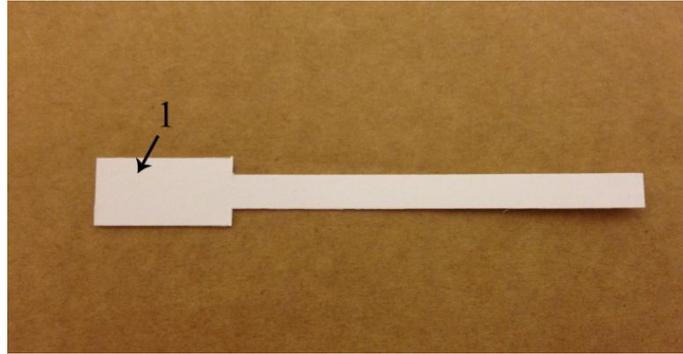


Abbildung 17 zeigt einen Schmeckstreifen. Der mit Ziffer 1 gekennzeichnete Kopfbereich ist unsichtbar mit Salz- bzw. Zitronensäurelösung imprägniert.



Abbildung 18 zeigt den mit Maske verblindeten Probanden während der Messung. In der linken Hand hält er einen Schmeckstreifen, während er in der rechten Hand den Becher zum Abwurf des benutzten Streifens bereithält.

3.4.4 Messung der trigeminalen Sensibilität

Die Messung der trigeminalen Sensibilität wurde durch Reizung der nasalen Mukosa mit Kohlenstoffdioxid (CO_2) durchgeführt. Dabei bewirkt die nasale Applikation von CO_2 durch trigeminale Reizung ein kribbelnd-stechendes Gefühl in der Nase (siehe auch 2.2 Das trigeminale System). Die Reizpulse hatten eine Dauer von 500 ms mit einer Anstiegszeit von weniger als 20 ms sowie einem durchschnittlichen Fluss von 6 l/min. Die Applikation des Gases erfolgte mithilfe eines Olfaktometers (OM/2, Burghart Messtechnik, Wedel, Deutschland) über das Riechstück in ein Nasenloch (Kobal, 1981). Die Seite des gewählten Nasenloches wurde unter den Probanden randomisiert.

Die Verwendung des computergesteuerten Olfaktometers garantierte eine präzise Kontrolle der Reizparameter (Dauer, Fluss, Konzentration, Temperatur). Um seine ideale

Betriebstemperatur von 36°C zu erreichen, wurde das Olfaktometer rechtzeitig vor den Messungen eingeschaltet. Dies und die 80%ige relative Luftfeuchte, in die der Reiz eingebettet war, stellte sicher, dass durch die Gasapplikation gleichzeitig keine Thermorezeptoren der nasalen Mukosa erregt wurden. Gleichermaßen schließt der Gebrauch des Olfaktometers auch eine Aktivierung von Mechanorezeptoren in der Nasenhöhle aus (Kobal, 1985). Beides ist wichtig, um den Reiz selektiv trigeminal zu applizieren. Bei gleichzeitiger Erregung anderer Rezeptoren würde das Messergebnis maßgeblich verfälscht.

Die Messung fand wiederum unter Verwendung des „staircase-forced-choice“-Prinzips statt (siehe 3.4.2 Riechtest). Begonnen wurde mit der programmierten niedrigsten CO₂-Konzentration von 3% v/vCO₂. Die ersten 10 Konzentrationsstufen variierten jeweils um + 3% v/vCO₂, danach lag der Konzentrationsunterschied der Stufen bei jeweils 5% v/vCO₂. Es wurde wiederum ein Triplet von Reizen präsentiert. Einer der drei Reize enthielt die entsprechende Konzentration an CO₂, die anderen beiden enthielten lediglich angefeuchtete Umgebungsluft. Zwischen den Stimuli wurde ein Zeitintervall von 15-20 Sekunden eingehalten. Der Testwert errechnete sich wie beim Riechtest aus dem arithmetischen Mittel der letzten vier Wendepunkte.

Im Anschluss an die Bestimmung der sensorischen Schwelle für CO₂ wurde von derselben ausgehend die trigeminale Schmerzschwelle bestimmt. Hierfür wurde die CO₂-Konzentration entlang der Konzentrationsstufen so lange erhöht, bis der Proband angab, den Reiz das erste Mal als „schmerzhaft“ zu erleben. Diese Formulierung wurde auch bei Nachfrage des Probanden, was denn „schmerzhaft“ genau bedeute, nicht präzisiert, sondern beibehalten, um eine weitgehende Standardisierung zu ermöglichen. Benannte der Proband in der Messung einen Reiz als schmerzhaft, wurde der Versuch abgebrochen und nochmals in gleicher Weise wiederholt. Lagen die beiden auf diese Weise ermittelten Werte mehr als eine Intensitätsstufe auseinander, wurde der Versuch ein letztes drittes Mal wiederholt. Der endgültige Testwert ergab sich aus dem arithmetischen Mittel der beiden bzw. drei Abbruchintensitäten.

Abbildung 19 zeigt einen Beispielprobanden während der olfaktometrischen Messung.



Abbildung 19 – Der Beispielproband während der olfaktometrischen Messung. Durch das im linken Nasenloch platzierte Riechstück wird das CO₂-haltige Gasmisch in die Nasenhöhle geleitet.

3.4.5 Messung der kutanen Sensibilität

Die Bestimmung der kutanen Sensibilitätsschwelle wurde mithilfe elektrischer Reizung der Haut durchgeführt. Um die elektrischen Reize auf der Haut zu applizieren, wurde ein Elektrodenreizapplikationssystem verwendet (PowerLab 26T; ADInstruments, Spechbach, Deutschland). Die punktförmige Reizelektrode wurde mittig auf der Stirn des Probanden platziert und mit Heftpflaster fixiert. Die Erdungselektrode wurde gleichermaßen auf dem Arm befestigt. Zunächst wurde dem Probanden eine Teststromstärke von 0,5 mA appliziert, um sicherzustellen, dass die Elektroden richtig platziert waren und Hautkontakt hatten. Wurde diese Teststufe nicht wahrgenommen, erfolgte ein weiterer Test mit 1,0 mA. Die Elektrodenposition wurde daraufhin gegebenenfalls korrigiert, bis der überschwellige Reiz sicher wahrgenommen wurde. In Abbildung 20 ist das Elektrodenset gezeigt.

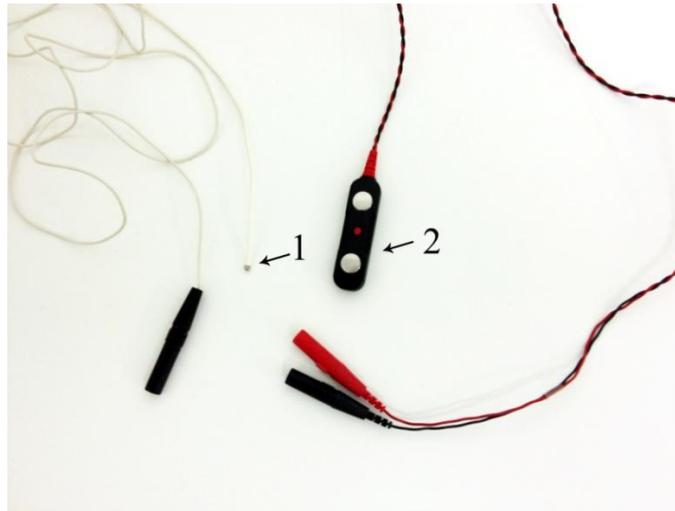


Abbildung 20 - Die Abbildung zeigt das Elektrodenset zur Applikation der elektrischen Stimuli. Mit Ziffer 1 ist die nadelförmige Reizelektrode gekennzeichnet, die an der Stirn des Probanden befestigt wurde. Ziffer 2 bezeichnet die Erdungselektrode, die an den Arm des Probanden angeheftet wurde. Beide Elektroden waren an den Reizgenerator angeschlossen, der wiederum mit dem Computersystem verbunden war.

Die Reizapplikation erfolgte computergesteuert, wobei die Reizstufen zwischen 0 und 20 mA lagen. Der Stufenabstand betrug jeweils 0,1 mA und ein Reiz hatte eine Dauer von 2 ms. Wie bei den anderen Schwellenbestimmungen wurden dem Probanden auch hier drei Reize in Folge angeboten (zweimal 0 mA und einmal > 0 mA) und wiederum galt es herauszufinden, welcher der drei angekündigten Reize tatsächlich zur elektrischen Reizung führte. Es kam wie auch schon beim Riechtest das „staircase-forced-choice“-Prinzip zur Anwendung. Nach dem Testlauf wurde mit einer Stromstärke von 0,5 mA die Messung begonnen. Wurde der Reiz nicht richtig identifiziert, wurde die Stromstärke auf 1 mA erhöht. Spätestens hier nahmen alle Probanden den Reiz wahr. 0,5 mA bzw. 1 mA stellten daraufhin die Ausgangsstromstärke für die Messungen dar, von denen aus in 0,1 mA-Schritten stufenweise reduziert wurde, bis der Proband den elektrischen Reiz aus dreien erstmalig falsch zuordnete. Dann erfolgte die stufenweise Erhöhung der Reizintensität, bis der Proband zweimal hintereinander bei derselben Stufe richtig lag usw. (analog zu 3.4.2 Riechtest). Zwischen den Tripletts wurde eine Regenerationszeit von etwa 15 s eingehalten. Der endgültige Testwert ergab sich wie beim Riechtest aus dem arithmetischen Mittel der letzten vier Wendepunkte.

Zur Bestimmung der Schmerzschwelle für die kutane elektrische Reizung wurde analog zur Bestimmung der chemosensorischen Schmerzschwelle vorgegangen. Ausgehend von der zuvor bestimmten Sensibilitätsschwelle wurde die Reizintensität so lange erhöht bis der Proband angab, den Reiz zum ersten Mal als „schmerzhaft“ zu empfinden. Die Erhöhung der

Reizintensität erfolgte hierbei in 0,5 mA-Schritten bis zum Abbruch bei Schmerzempfinden bzw. bis zu einer Maximalstromstärke von 20 mA, wenn zuvor noch kein Schmerzempfinden angegeben wurde. In letzterem seltenem Fall wurden 20 mA als Schmerzschwelle festgelegt. Die Messung wurde wiederum zweifach durchgeführt. Lagen die jeweils ermittelten Testwerte mehr als 0,5 mA (entspricht einer Intensitätsstufe) auseinander, fand noch eine dritte Messung statt. Der endgültige Testwert ergab sich aus dem arithmetischen Mittel der zwei bzw. drei Abbruchstromstärken.

Um einen Eindruck von dem Messplatz für die Bestimmung der kutanen Sensibilität zu bekommen, siehe Abbildung 21.

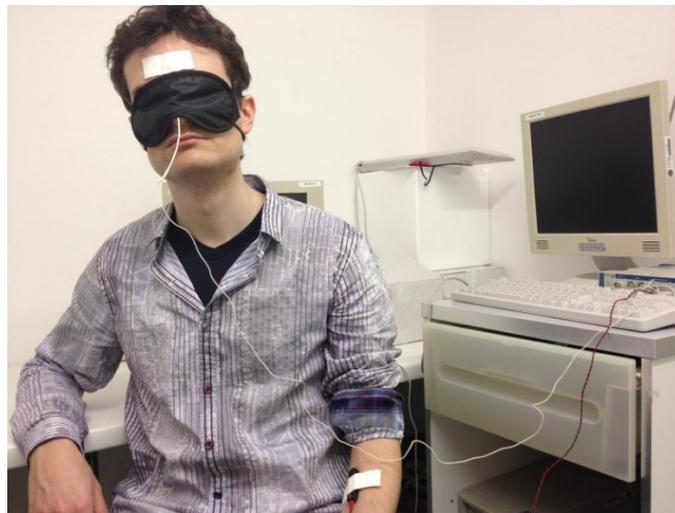


Abbildung 21 zeigt den Messplatz für die kutane Sensibilitäts- und Schmerzschwelle. Die Reiz- und Erdungselektrode wurden mit Klebeband am Beispielprobanden befestigt und sind mit dem Reizapplikationssystem verbunden.

3.5 Persönlichkeitsfragebogen

Zur Bestimmung der Ausprägung der Persönlichkeitsdimensionen Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Gewissenhaftigkeit und Verträglichkeit wurde die deutsche Fassung des Fragebogens „NEO-Fünf-Faktoren-Inventar“ nach Costa und McCrae verwendet (Costa & McCrae 1992). Er besteht aus 60 verschiedenen Aussagen, welche mit abgestufter Wertung zwischen „starke Ablehnung“ und „starke Zustimmung“ beantwortet werden sollen. Gemäß den Forderungen des Manuals der deutschen Fassung wurden die Probanden instruiert, alle Fragen möglichst spontan und der Reihe nach zu beantworten und keine Frage auszulassen. Zur Beantwortung der Fragen hatten die Probanden vor Beginn der Schwellenmessungen etwa 15-20 Minuten Zeit (siehe auch 2.5.1 Der NEO-FFI).

Bei der Auswertung des Tests werden für jede der 60 Fragen je nach Beantwortung Punkte vergeben. Die Summe der zu einer jeweiligen Persönlichkeitsdimension gehörenden Punkte ergibt den Testwert. Die Testwerte wurden mithilfe der Normwertstichprobe, die das Manual des NEO-FFI bereitstellt, in T-Werte umgerechnet. Die Wertetabelle der standardisierten T-Werte hat einen Mittelwert von 50 und eine Standardabweichung von 10. Der Vorteil der Umrechnung in T-Werte ist deren Vergleichbarkeit, was im Folgenden kurz erläutert wird.

Den im Manual des NEO-FFI enthaltenen Normwerttabellen liegen 12.552 Datensätze zugrunde, die aus 50 Einzelstudien stammen. Diese Zahl reduzierte sich auf 11.724 Datensätze, da die Differenz aufgrund von fehlenden Angaben oder auffälligen Antwortmustern ausgeschlossen werden musste. Die Studien wurden über mehrere Jahre hinweg in der BRD, Österreich und der Schweiz durchgeführt (Borkenau & Ostendorf 2008). Für die verschiedenen Altersgruppen, aus denen sich die Probandenstichprobe zusammensetzte, wurden jeweils eigene Normwerttabellen ermittelt. Das bedeutet, dass ein Testwert für eine bestimmte Persönlichkeitsdimension immer im Zusammenhang zu seiner Altersgruppe gesehen werden muss, um eine Aussage treffen zu können, ob dieser Wert innerhalb der Norm der Vergleichsstichprobe liegt. Dies bedeutet auch, dass Testwerte von Probanden unterschiedlicher Altersgruppen nicht direkt miteinander verglichen werden können. Um dies zu ermöglichen, erfolgt die Umrechnung in T-Werte.

Zusätzlich zum T-Wert ist in der im Manual bereitgestellten Tabelle auch ein kumulativer Prozentwert (cum%- Wert) angegeben. Mithilfe dieses Wertes kann eine Aussage darüber getroffen werden, wie viel Prozent der Gesamtstichprobe innerhalb des Intervalls zwischen Testwert 0 und dem gefragten Testwert x lagen.

3.6 Statistische Methoden

Für die statistische Auswertung der Studie wurde die Software SPSS 17 (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA) verwendet.

Für die Berechnung signifikanter Geschlechtsunterschiede bei der Schwellenbestimmung wurde zunächst ein Levene-Test der Varianzgleichheit durchgeführt, um die Daten dann dem t-Test zu unterziehen.

Zur Fragestellung der Korrelation der Wahrnehmungsschwellen untereinander wurde die Korrelationsanalyse nach Pearson angewandt. Die so erhaltenen Werte wurden dann einer

Korrektur nach Bonferroni-Holm unterzogen (Holm, 1979), um die Alphafehler-Kumulation multipler Paarvergleiche zu neutralisieren.

Die Geschlechtsunterschiede der Persönlichkeitsvariablen im Vergleich zur Normstichprobe wurden mittels einfachen t-Tests bestimmt.

Die Korrelationsanalyse von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeitsmerkmalen erfolgte ebenfalls unter Verwendung der Pearson-Korrelationsanalyse. Auch hier wurde im Anschluss eine Bonferroni-Holm-Korrektur mit $k = 10$ durchgeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Probanden

An den Messungen nahmen insgesamt 126 Probanden teil (85 weibliche Probanden, 41 männliche Probanden), deren Altersdurchschnitt bei 24 Jahren (SD = 5) lag. Das Durchschnittsalter von männlichen zu weiblichen Probanden unterschied sich nicht ($p = 0,32$). Der jüngste Proband war 18 Jahre alt, der älteste 52 Jahre.

4.1.1 Ergebnisse aus dem Anamnesebogen

Wie im Methodenteil erläutert, füllten die Probanden zunächst einen Anamnesebogen aus, in dem eine Befragung zur Selbsteinschätzung von Riech- und Schmeckvermögen sowie zur Schmerzempfindlichkeit enthalten war. Die Ergebnisse dieses Fragebogens sind im Folgenden aufgeführt.

Eine Auflistung der Antworthäufigkeiten zeigen die nachstehende Abbildung 22, Abbildung 23 und Abbildung 24.

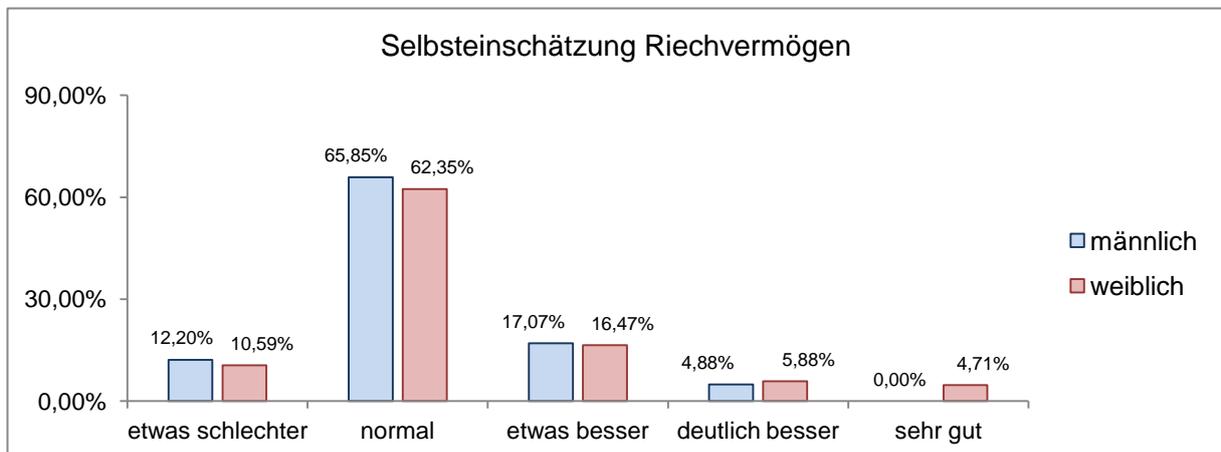


Abbildung 22 - Dargestellt ist die Selbsteinschätzung der Probanden, die sie vor der Messung über ihr Riechvermögen abgeben mussten. Rund 87% der männlichen und 89% der weiblichen Probanden schätzten ihr Riechvermögen normal und besser als der Durchschnitt ein.

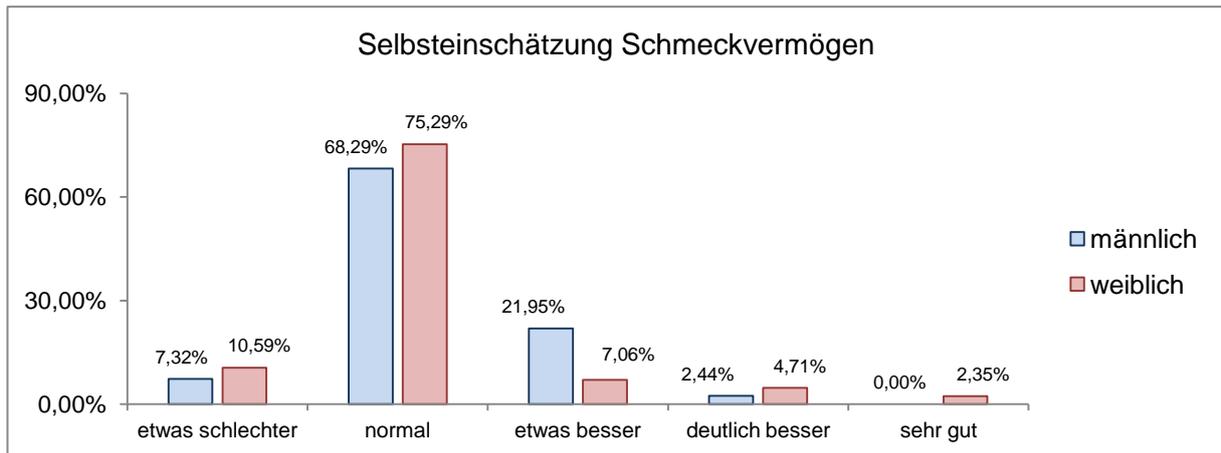


Abbildung 23 - In der Abbildung ist die Selbsteinschätzung der Probanden bezüglich ihres subjektiven Schmeckvermögens dargestellt. Es zeigt sich, dass über 92% der Männer und 89% der Frauen ihr Schmeckvermögen als normal oder besser als der Durchschnitt einstufen.

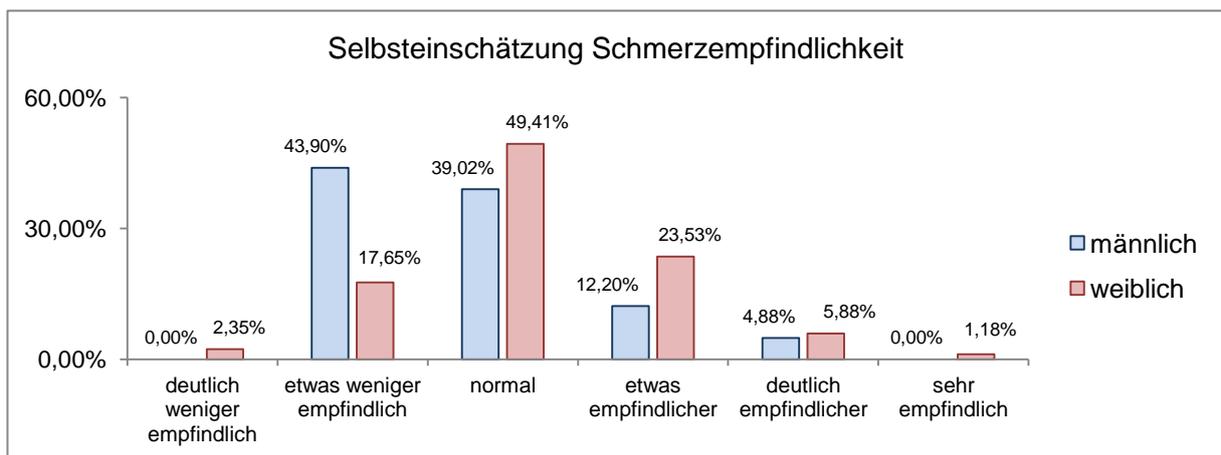


Abbildung 24 - Bei der Selbsteinschätzung der Schmerzempfindlichkeit zeigen sich deutliche Geschlechtsunterschiede. Es ist auffällig, dass sich mehr als 43% der männlichen Probanden als vermindert schmerzempfindlich bezeichneten, während über 29% der Frauen eine verstärkte Schmerzempfindlichkeit angaben.

Zudem wurden die Probanden auch zu ihrem Genussmittelkonsum befragt. Von den 126 Probanden gaben 105 Personen an, gelegentlich Alkohol zu trinken. 21 Probanden verneinten jeglichen Alkoholkonsum. Bei 98 Probanden handelte es sich um Nichtraucher während 15 Probanden gelegentlich oder regelmäßig rauchten. 13 Probanden bezeichneten sich aktuell als Nichtraucher mit Rauchervergangenheit.

4.2 Schwellenuntersuchungen

4.2.1 Riechschwelle

Insgesamt lag der Mittelwert der Riechschwelle aller Probanden bei 7,1 (SD = 2,0). Der maximal ermittelte Schwellenwert lag bei 12,25, was einem sehr fein ausgeprägten Geruchssinn entspricht. Der minimale Schwellenwert befand sich zwischen den hochkonzentrierten Stufen 1 und 2 (1,75).

Es bietet sich an, diese Daten mit den 2007 von Hummel et al. in einer Sniffin' Sticks-Studie publizierten Normwertdaten zu vergleichen. Es handelt sich hierbei um eine groß angelegte Studie mit mehr als 3000 Probanden, die den Sniffin' Sticks-Test unterliefen (Hummel et al. 2007). Sie diente der Erhebung von Normwerten für verschiedene Altersgruppen. Zwar wurde bei allen Probanden der gesamte Test durchgeführt, um zu dem oben erläuterten TDI-Score zu gelangen (siehe 2.1.2 Erfassung der Riechfunktion), jedoch schlüsselt die Ergebnistabelle auch die Mittelwerte für die Schwellenbestimmung geschlechtsspezifisch auf. Da 122 von 126 der Probanden, die an der vorliegenden Studie teilnahmen, in die Altersgruppe zwischen 16 und 35 Jahren fallen, sind diese Mittelwerte am ehesten zum Vergleich heranzuziehen. Dabei zeigt sich, dass der in der vorliegenden Studie ermittelte Mittelwert von 7,1 etwa 2 Konzentrationsstufen unter dem der in der Normdatenstudie angegebenen Mittelwerte für die männliche und weibliche Stichprobe dieser Altersgruppe liegt (Mittelwert männliche Stichprobe: 9,24; SD = 2,56; Mittelwert weibliche Stichprobe: 9,39; SD = 2,56; Hummel et al. 2007).

4.2.2 Schmeckschwelle

Die Ergebnisse der Schmeckschwellenbestimmung gliedern sich in die Geschmacksqualitäten sauer und salzig auf.

Die Qualität salzig wurde im Mittel bei Verdünnungsstufe 11 (von 14) richtig identifiziert (SD 2,4). 12 Probanden schmeckten den Salzgeschmack bereits bei Stufe 14 dreimal in Folge richtig heraus. Der unempfindlichste Proband erkannte den Salzgeschmack erst bei Verdünnungsstufe 2 korrekt.

Die Qualität sauer wurde im Mittel bei Verdünnungsstufe 5 (von 10) richtig erkannt (SD 1,6). Jedoch wurde auch die Qualität sauer von 5 Probanden bereits bei der niedrigsten Verdünnungsstufe 10 dreifach korrekt identifiziert. Die höchste Schmeckschwelle für sauer lag in der Stichprobe bei Verdünnungsstufe 3.

Da die Verdünnungsstufen für die vorliegende Arbeit erstmals in dieser Konzentrationsabstufung verwendet wurden, liegen bisher keine Vergleichsdaten einer größeren Stichprobe vor.

4.2.3 Trigemiale Sensibilität

Durchschnittlich lag die Wahrnehmungsschwelle des CO₂-Wasserdampfgemisches bei 18,3% v/vCO₂ (SD 8,1). Die Wahrnehmungsschwelle des sensibelsten Probanden lag bei 4,1% v/vCO₂, während der unempfindlichste Proband das CO₂ erst bei einer Konzentration von 48,75% v/vCO₂ eindeutig erkennen konnte.

Wo bei einigen Probanden erst die Wahrnehmungsschwelle lag, setzte bei anderen bereits das Schmerzempfinden ein. So lag die Schmerzschwelle des empfindlichsten Probanden bereits bei 20% v/vCO₂. Die mittlere Schmerzschwelle befand sich bei einer CO₂-Konzentration von 47,8% v/vCO₂. Drei Probanden gaben selbst bei der theoretisch höchstmöglichen CO₂-Konzentration von 100% v/vCO₂ kein Schmerzempfinden an und wurden daher aus der Berechnung der mittleren Schmerzschwelle herausgenommen.

4.2.4 Kutane Sensibilität

Die aus 123 Datensätzen berechnete mittlere Reizschwelle lag bei 0,37 mA (SD 0,18). Die niedrigste gemessene Reizschwelle befand sich bei 0,05 mA, während sich die maximal gemessene Reizschwelle bei 0,975 mA ansiedelte.

Wie schon die trigeminale Schmerzschwelle wies auch die kutane Sensibilitätsschwelle eine große individuelle Streuung auf, sodass sich die Schmerzschwelle besonders empfindlicher Probanden teilweise sogar unter der Wahrnehmungsschwelle weniger empfindlicher Probanden befand. So empfand die empfindlichste Probandin bereits eine Stromstärke von 0,175 mA als schmerzhaft. Analog zur Bestimmung der trigeminalen Schmerzschwelle gab es wieder 6 Probanden, die auch die höchste mit dem Gerät applizierbare Stromstärke von 20 mA nicht als schmerzhaft empfanden. Sie fielen wiederum aus der Berechnung des Schmerzschwellenmittelwertes heraus.

4.2.5 Tabellarische Darstellung der Schwellendaten

Die unter 4.2.1 bis 4.2.4 aufgeführten Daten sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabw.
Riechschwelle*	126	1,75	12,25	7,14	2,03
Schwelle salzig*	126	2,00	14,00	10,88	2,39
Schwelle sauer*	126	3,00	10,00	5,28	1,62
Schwelle elektrisch**	123	0,05	0,98	0,37	0,18
Schmerz elektrisch**	117	0,18	17,50	4,63	4,15
Schwelle CO ₂ ***	106	4,10	48,75	18,30	8,12
Schmerz CO ₂ ***	103	20,00	95,00	47,78	15,42

Tabelle 4 - In der Tabelle sind unter N die gültigen Werte für die jeweilige Messung aufgeführt. Zu jeder Messung sind weiterhin die oben genannten Mittelwerte mit Standardabweichung, sowie minimal und maximal erreichter Einzelwert abgebildet.

*- Angabe der Minimal- und Maximalwerte in Stufen

** - Angabe der Minimal- und Maximalwerte in mA

***- Angabe der Minimal- und Maximalwerte in % v/vCO₂

4.2.6 Geschlechtsunterschiede der Wahrnehmungsschwellen

Um eventuelle Geschlechtsunterschiede bei der Lage der verschiedenen Wahrnehmungsschwellen herauszufinden, wurden zunächst die Mittelwerte männlicher und weiblicher Probanden berechnet und verglichen. Hier zeigte sich, dass Frauen im Mittel, ausgenommen die Schmeckschwelle der Qualität sauer, eine sensiblere Wahrnehmung als Männer aufwiesen. Da die Signifikanz dieser Aussagen jedoch von den Varianzen der Mittelwerte abhängig ist, wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen zunächst einem Levene-Test der Varianzgleichheit und dann einem T-Test für die Mittelwertgleichheit zugeführt. Im Einzelnen ergaben sich hierbei folgende Ergebnisse:

Den Geruchssinn betreffend zeigte sich im Geschlechtervergleich, dass Frauen im Durchschnitt ein besseres Riechvermögen als Männer aufwiesen ($p < 0,05$). Die 85 weiblichen Probandinnen für sich genommen erreichten einen Mittelwert der Riechschwelle von 7,4 (SD 1,8). Der Mittelwert der männlichen Probanden lag etwas niedriger bei 6,6 (SD 2,3). Da mit steigender Stufenzahl die Konzentration des Riechstoffs in den Sniffin' Sticks abnimmt, bestätigen diese Werte obige Aussage.

Bei der Bestimmung der Schmeckschwelle für die Qualität salzig zeigte sich ein ähnliches Bild. Sie lag bei Frauen im Mittel bei Stufe 11 (SD 2,3). Männer schmeckten im Durchschnitt erst die höher konzentrierte Stufe 10 (SD 2,5). Unter Berücksichtigung der Varianzen war dieser Unterschied jedoch nicht signifikant.

Für den Geschmack sauer lagen die Schwellen beider Geschlechter quasi gleich. Sowohl Frauen als auch Männer erkannten den Geschmack durchschnittlich bei Stufe 5 (Mittelwert Frauen 5,18; SD 1,6; Mittelwert Männer 5,47; SD 1,7). Auch hier war also kein signifikanter Geschlechtsunterschied festzustellen.

Was die trigeminale Sensibilität betrifft, zeigten sich weibliche Probandinnen durchschnittlich sowohl sensibler als auch schmerzempfindlicher als männliche Probanden. Signifikanz erreichte jedoch nur der Geschlechterunterschied der trigeminalen Schmerzschwelle ($p < 0,01$). Für die Schwellenmessung lag der berechnete Mittelwert der weiblichen Stichprobe bei 17,3% v/vCO₂ (SD 7,7). Der der männlichen Stichprobe befand sich bei 20,2% v/vCO₂ (SD 8,7). Die Schmerzschwellenmessung ergab für Frauen im Mittel einen Wert von 44,9% v/vCO₂ (SD 15,2), während Männer mit 53,6% v/vCO₂ (SD 14,3) fast zwei Konzentrationsstufen höher lagen.

Zuletzt unterstreichen auch die geschlechtsspezifischen Mittelwerte der dermalen Sensibilität eine erhöhte Sensibilität des weiblichen Geschlechts. Die mittlere Sensibilitätsschwelle der weiblichen Stichprobe lag bei 0,33 mA (SD 0,17), die der männlichen Stichprobe bei 0,43 mA (SD 0,18). Die Schmerzschwelle zeigt einen noch deutlicheren Unterschied. Frauen empfanden durchschnittlich eine Stromstärke von 3,9 mA als schmerzhaft (SD 3,1), während Männer durchschnittlich erst bei einer Stromstärke von 6,1 mA Schmerzen angaben. Ein signifikanter Unterschied war sowohl bei der kutanen Sensibilitätsschwelle ($p < 0,01$) als auch bei der kutanen Schmerzschwelle ($p < 0,05$) zu verzeichnen.

Zusammenfassend schnitten Frauen also im Riechtest, in der elektrischen Schwellenbestimmung sowie bei beiden Schmerzschwellen signifikant sensibler ab als Männer. In Tabelle 5 sind die Geschlechtsunterschiede der Wahrnehmungsschwellen deskriptiv aufgeführt. In Tabelle 11, die sich im Anhang findet, sind die Werte für den durchgeführten Levene-Test der Varianzgleichheit sowie für den T-Test zusammengefasst.

		N	Mittelwert	Standardabw.	Standardfehler des Mittelwertes
Schwelle salzig*	weiblich	85	11,13	2,31	0,25
	männlich	41	10,37	2,48	0,39
Schwelle sauer*	weiblich	85	5,18	1,59	0,17
	männlich	41	5,47	1,67	0,26
Schwelle CO ₂ ***	weiblich	71	17,35	7,69	0,91
	männlich	35	20,24	8,73	1,48
Schmerz CO ₂ (p = 0.006)***	weiblich	71	44,93	15,23	1,81
	männlich	35	53,57	14,33	2,42
Schwelle elektr. (p = 0.004)**	weiblich	84	0,33	0,17	0,02
	männlich	39	0,43	0,18	0,03
Schmerz elektr. (p = 0.013)**	weiblich	84	3,92	3,13	0,34
	männlich	39	6,09	5,47	0,85
Riechschwelle (p = 0.045)*	weiblich	85	7,42	1,81	0,20
	männlich	41	6,57	2,34	0,37

Tabelle 5 zeigt die Mittelwerte der Wahrnehmungsschwellen mit ihren Standardabweichungen sowie dem Standardfehler des Mittelwertes nach Geschlecht der Probanden aufgeschlüsselt. Unter N findet sich die Anzahl der jeweils gültigen Datensätze.

*- Angabe der Mittelwerte in Stufen

** - Angabe der Mittelwerte in mA

***- Angabe der Mittelwerte in % v/vCO₂

Abbildung 25, Abbildung 26, Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen die durch Levene-Test und T-Test berechneten, signifikanten Geschlechtsunterschiede veranschaulicht als Balkendiagramme.

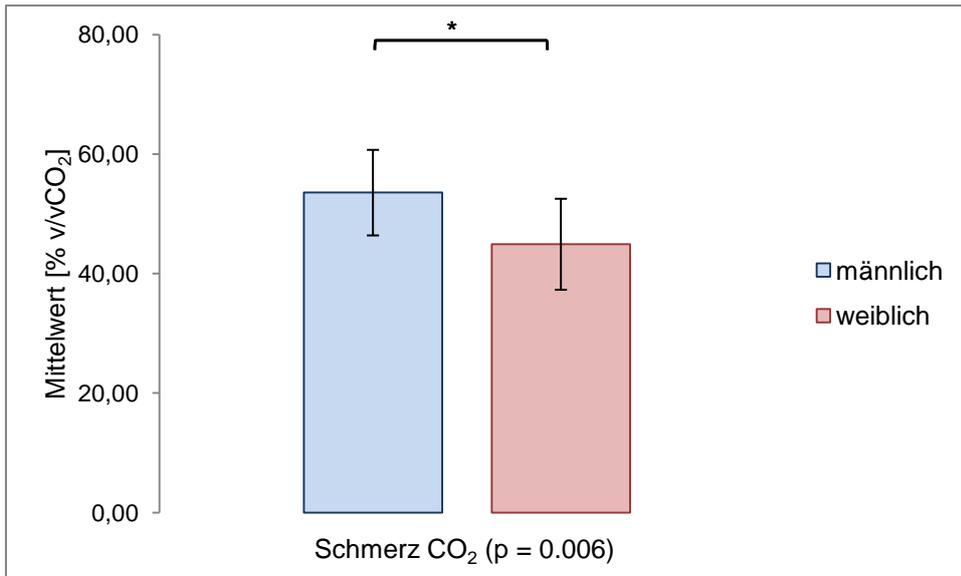


Abbildung 25 - Die Abbildung zeigt den Geschlechtsunterschied der trigeminalen Schmerzschwelle. An der Messung waren 71 Frauen und 35 Männer beteiligt. Es besteht ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte, der durch * ($p < 0,01$) gekennzeichnet ist. Die Fehlerbalken geben die einfache Standardabweichung wieder.

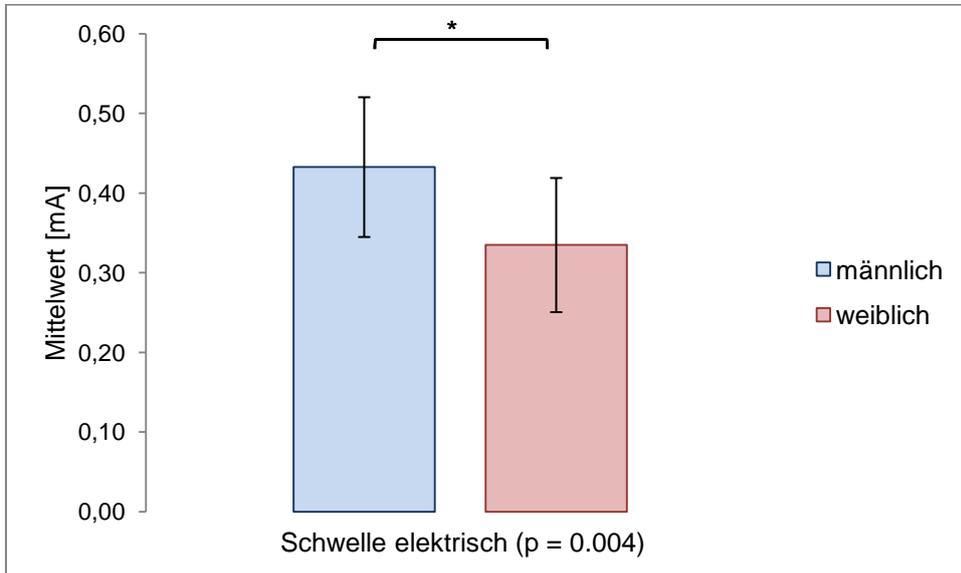


Abbildung 26 - In der Abbildung ist der Geschlechtsunterschied der Mittelwerte für die kutane Wahrnehmungsschwelle gezeigt. Es gingen die Datensätze von 39 Männern und 84 Frauen in die Berechnung ein. Der Geschlechtsunterschied ist signifikant ($p < 0,01$), was als * gekennzeichnet ist. Die Fehlerbalken geben die einfache Standardabweichung wieder.

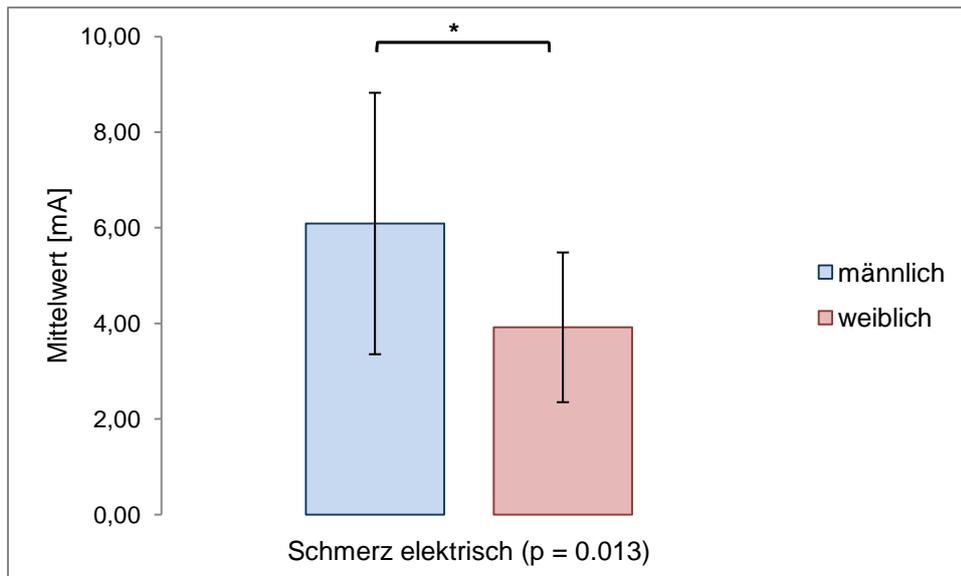


Abbildung 27 bildet den Geschlechtsunterschied bei der kutanen Schmerzschwelle ab. Es gingen wiederum die Datensätze von 39 Männern und 84 Frauen in die Berechnung ein. Der signifikante Geschlechtsunterschied ist durch * ($p < 0,05$) gekennzeichnet. Die Fehlerbalken geben die einfache Standardabweichung der dargestellten Mittelwerte wieder.

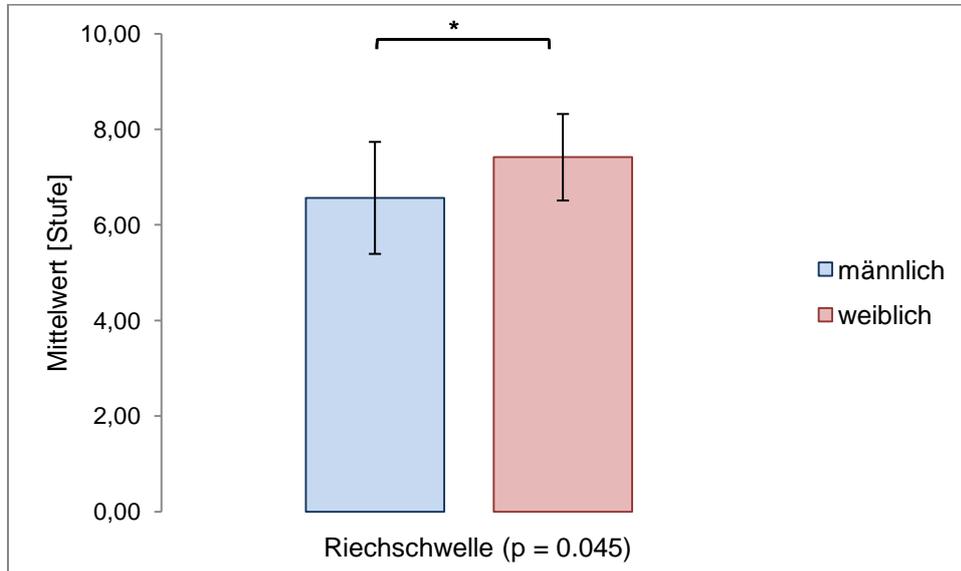


Abbildung 28 - Auch bei dem dargestellten Geschlechtsvergleich der Riechschwellenbestimmung zeigt sich ein signifikanter Unterschied, der durch * gekennzeichnet ist ($p < 0,05$). 85 Frauen und 41 Männer nahmen an den Messungen teil. Die Fehlerbalken geben wiederum die einfache Standardabweichung der dargestellten Mittelwerte wieder.

4.3 Persönlichkeitsmerkmale

4.3.1 Persönlichkeitsmerkmale in der Gesamtstichprobe

126 Probanden beantworteten den Persönlichkeitsfragebogen NEO-FFI. Pro Persönlichkeitsmerkmal waren dabei maximal 60 Testwertpunkte zu erreichen.

Der mittlere T-Wert der Dimension Neurotizismus lag bei 48 Punkten (SD 8,7). Damit weicht dieser Wert signifikant nach unten von dem der Normstichprobe ab ($p = 0,005$). Der minimal erreichte T-Wert lag bei 31 Punkten, was in diesem Fall einem Testwert von 7 Punkten entspricht. Anhand des cum%-Wertes von 3,17 lässt sich die Aussage treffen, dass fast 97 Prozent der Normstichprobe einen höheren Wert erzielten. Der maximal erreichte T-Wert lag bei 75 Punkten, was unter Berücksichtigung des Alters des Probanden einem Testwert von 42 Punkten entspricht. Nur knapp 1% der Normstichprobe erzielte ein höheres Ergebnis.

Die Dimension Extraversion betreffend lag der Mittelwert der Gesamtstichprobe bei 50 Punkten (SD 9,2). Dieser Wert weicht signifikant nach oben vom Mittelwert der Normstichprobe ab ($p < 0,001$). Der niedrigste bei dieser Dimension erreichte T-Wert lag bei 25 Punkten (Testwert 11), darüber lagen knapp 99 Prozent der Normstichprobe. Der höchste T-Wert lag wiederum bei 70 Punkten (Testwert 42; 1,7% der Probanden mit höherem Ergebnis).

Der Mittelwert der Dimension Offenheit für Erfahrungen lag bei 49 Punkten (SD 10,1). Es besteht keine signifikante Abweichung zum Mittelwert der deutschen Normstichprobe. Der minimal erreichte T-Wert lag bei 26 Punkten (Testwert 17 Punkte, cum% = 1,14). Der maximale erreichte T-Wert beträgt 74 Punkte (Testwert 46 Punkte, cum% = 98,97).

In der Dimension Verträglichkeit wurde ein Mittelwert von 53 Punkten erreicht (SD 9,1). Dieser weicht wiederum nicht signifikant vom Mittelwert der Normstichprobe ab. Der minimal erreichte T-Wert lag bei 29 Punkten (Testwert 17 Punkte; cum% = 3,57); der höchste T-Wert bei 74 Punkten (Testwert 41 Punkte, cum% = 98,7).

Die Dimension Gewissenhaftigkeit war in der Probandenstichprobe besonders stark ausgeprägt und erreichte einen Mittelwert von 54,2 Punkten, der signifikant nach oben von der Normstichprobe abweicht ($p < 0,001$). Der niedrigste erzielte T-Wert betrug 34 Punkte (Testwert 19 Punkte, cum% = 8,91). Der maximale T-Wert betrug 80 Punkte, was dem höchsten erreichbaren Testwert von 48 Punkten entspricht. Mit einem cum%-Wert von 99,96 bedeutet dies im Umkehrschluss, dass nur 0,04 Prozent der Gesamtstichprobe über diesem Ergebnis lagen.

Die deskriptive Statistik der Persönlichkeitsmerkmale ist in Tabelle 6 dargestellt.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Neurotizismus - T-Wert	124	31	75	47,73	8,74
Extraversion - T-Wert	124	25	70	49,94	9,19
Offenheit f. Erfahrungen - T-Wert	124	26	74	48,64	10,11
Verträglichkeit - T-Wert	124	29	74	53,23	9,16
Gewissenhaftigkeit - T-Wert	124	34	80	54,21	8,69

Tabelle 6 - Die Tabelle zeigt die deskriptive Statistik der Persönlichkeitsdimensionen. Im Vorhinein wurden alle Test-Werte in T-Werte umgerechnet, die nun in der Tabelle aufgeführt sind. Minimum und Maximum bezeichnen den minimal bzw. maximal in der Stichprobe erreichten T-Wert. SD bezeichnet die einfache Standardabweichung.

4.3.2 Geschlechtsunterschiede bei den Persönlichkeitsmerkmalen

Wie bei den Wahrnehmungsschwellen waren bei der Betrachtung der Testwerte der Persönlichkeitsmerkmale Geschlechtsunterschiede festzustellen. Während sich die Mittelwerte beider Geschlechter für die Dimensionen Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit nur marginal und somit nicht signifikant unterschieden, wurde für die Dimension Neurotizismus ein signifikanter Unterschied deutlich. Die weibliche Stichprobe, deren mittlerer Testwert 22 Punkte (SD 7,5) betrug, wies signifikant höhere Neurotizismuswerte auf als die männliche Stichprobe mit einem mittleren Testwert von 16,83 Punkten (SD 1,023; $p < 0,001$).

Auf T-Wert-Ebene ist dieser Unterschied jedoch nicht mehr nachzuweisen, sodass letztendlich festzustellen ist, dass in Bezug auf die Normstichprobe keine signifikanten Geschlechtsunterschiede bestehen.

Die Gruppenstatistiken der Testwerte des männlichen und weiblichen Stichprobenanteils sind in Tabelle 7 dargestellt. Tabelle 8 zeigt die gleiche Gruppenstatistik, wobei die Testwerte in T-Werte umgerechnet sind.

	Geschlecht	N	Mittelwert	SD	Standardfehler des Mittelwertes
Neurotizismus - Testwert	weiblich	85	22,32	7,46	0,81
	männlich	41	16,83	6,55	1,02
Extraversion - Testwert	weiblich	85	29,76	5,54	0,60
	männlich	41	27,20	7,40	1,16
Offenheit für Erfahrungen - Testwert	weiblich	85	32,08	6,54	0,71
	männlich	41	31,34	6,08	0,95
Verträglichkeit - Testwert	weiblich	85	32,49	4,95	0,54
	männlich	41	31,12	5,08	0,79
Gewissenhaftigkeit - Testwert	weiblich	85	33,32	6,12	0,66
	männlich	41	33,44	5,54	0,87

Tabelle 7 zeigt die Mittelwerte der Testwerte mit Standardabweichungen (SD) sowie Standardfehler des Mittelwertes nach Geschlechtern aufgeschlüsselt. Es zeigt sich ein signifikanter Geschlechtsunterschied für die Dimension Neurotizismus ($p < 0,001$) auf Testwertebene.

	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung
Neurotizismus - T-Wert	weiblich	85	48	9
	männlich	41	46	9
Extraversion - T-Wert	weiblich	85	51	8
	männlich	41	49	11
Offenheit für Erfahrungen - T-Wert	weiblich	85	48	11
	männlich	41	49	9
Verträglichkeit - T-Wert	weiblich	85	53	9
	männlich	41	54	9
Gewissenhaftigkeit - T-Wert	weiblich	85	54	9
	männlich	41	55	8

Tabelle 8 - Es ist wiederum die Gruppenstatistik mit Aufschlüsselung in männliche und weibliche Stichprobe dargestellt. Bei den Zahlenwerten handelt es sich jetzt jedoch um die umgerechneten T-Werte. Es sind keine signifikanten Geschlechtsunterschiede mehr nachweisbar.

4.4 Korrelation der Wahrnehmungsschwellen

Wie bereits im Methodenteil erläutert, wurde zunächst eine Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt. Dabei stellten sich folgende signifikante Zusammenhänge dar:

Zum einen korrelierte die Geschmacksschwelle für die Qualität salzig signifikant mit der Schmerzschwelle der elektrischen Reizung ($r = 0,2$; $p < 0,05$). Eine ebenfalls signifikante Korrelation zeigte die Wahrnehmungsschwelle der elektrischen Reizung mit der gleichnamigen Schmerzschwelle ($r = 0,2$; $p < 0,05$). Zudem korrelierten die trigeminale Schmerzschwelle mit der Wahrnehmungsschwelle der elektrischen Reizung ($r = 0,3$; $p < 0,01$), die trigeminale Wahrnehmungsschwelle mit der gleichnamigen Schmerzschwelle ($r = 0,5$; $p < 0,01$) sowie die beiden Schmerzschwellen miteinander ($r = 0,4$; $p < 0,01$). Die sonstigen Wahrnehmungsschwellen waren voneinander unabhängig.

Nach der Durchführung der Bonferroni-Holm-Korrektur blieben jedoch tatsächlich nur zwei signifikante Zusammenhänge übrig: Zum einen besteht ein Zusammenhang zwischen trigeminaler Wahrnehmungsschwelle und trigeminaler Schmerzschwelle. Zum anderen hängen die trigeminale Schmerzschwelle und die elektrische Schmerzschwelle signifikant zusammen.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind in Tabelle 9 dargestellt.

		Schwelle salzig	Schwelle sauer	Schwelle CO ₂	Schmerz CO ₂	Schwelle elektrisch	Schmerz elektrisch	Riechschwelle
Schwelle salzig	Korrelation n. Pearson		0,12	0,05	-0,13	0,02	-0,2*	-0,02
	Signifikanz (zweiseitig)		0,18	0,62	0,18	0,87	0,03	0,84
	N		126	106	106	123	123	126
Schwelle sauer	Korrelation n. Pearson	0,12		-0,05	0,03	-0,12	0,05	-0,06
	Signifikanz (zweiseitig)	0,18		0,62	0,73	0,18	0,60	0,50
	N	126		106	106	123	123	126
Schwelle CO ₂	Korrelation n. Pearson	0,05	-0,05		0,46**	0,12	0,18	0,03
	Signifikanz (zweiseitig)	0,62	0,62		0	0,23	0,06	0,76
	N	106	106		106	103	103	106
Schmerz CO ₂	Korrelation n. Pearson	-0,13	0,03	0,46**		0,26**	0,36**	0,06
	Signifikanz (zweiseitig)	0,18	0,73	0		0,01	0	0,57
	N	106	106	106		103	103	106
Schwelle elektrisch	Korrelation n. Pearson	0,02	-0,12	0,12	0,26**		0,19*	-0,16
	Signifikanz (zweiseitig)	0,87	0,18	0,23	0,01		0,04	0,07
	N	123	123	103	103		123	123
Schmerz elektrisch	Korrelation n. Pearson	-0,20*	0,05	0,18	0,36**	0,19*		-0,06
	Signifikanz (zweiseitig)	0,03	0,6	0,06	0	0,04		0,54
	N	123	123	103	103	123		123
Riechschwelle	Korrelation n. Pearson	-0,02	-0,06	0,03	0,06	-0,16	-0,06	
	Signifikanz (zweiseitig)	0,84	0,5	0,76	0,57	0,07	0,54	
	N	126	126	106	106	123	123	

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 9 fasst die Rechnungen zur Korrelation der Wahrnehmungsschwellen zusammen. Doppelte Werte sind blassgrau ausgeblendet. Die gelbe Hinterlegung kennzeichnet die signifikanten Zusammenhänge vor der Bonferroni-Holm-Korrektur (mit $k = 10$). Die zwei nach Korrekturrechnung verbliebenen signifikanten Zusammenhänge sind mit roter Farbe unterlegt.

Die beiden folgenden Grafiken veranschaulichen die beiden signifikanten Korrelationen zwischen trigeminaler Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle (Abbildung 29) sowie zwischen trigeminaler und elektrischer Schmerzschwelle (Abbildung 30).

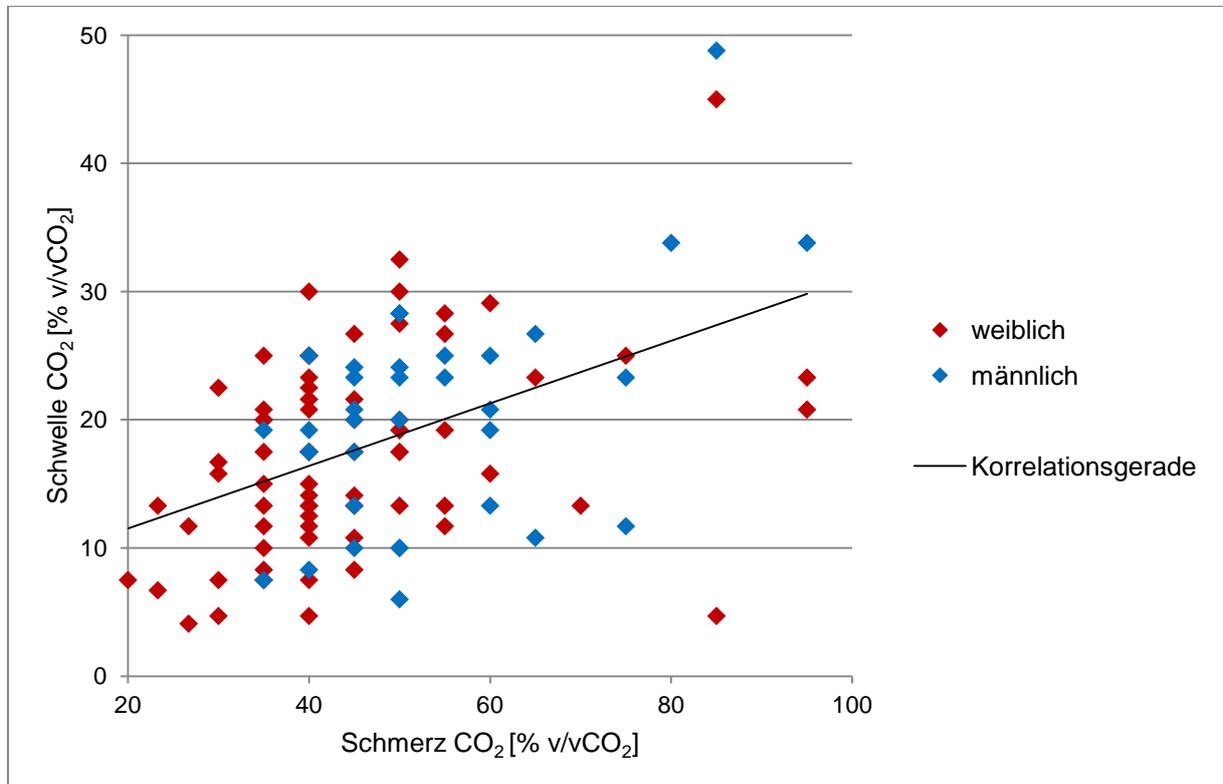


Abbildung 29 zeigt den signifikanten, korrelativen Zusammenhang von trigeminaler Schmerz- und Sensibilitätsschwelle ($r = 0,5$; $p < 0,01$). In die Punktwolke wurde die zugehörige Korrelationsgerade eingefügt.

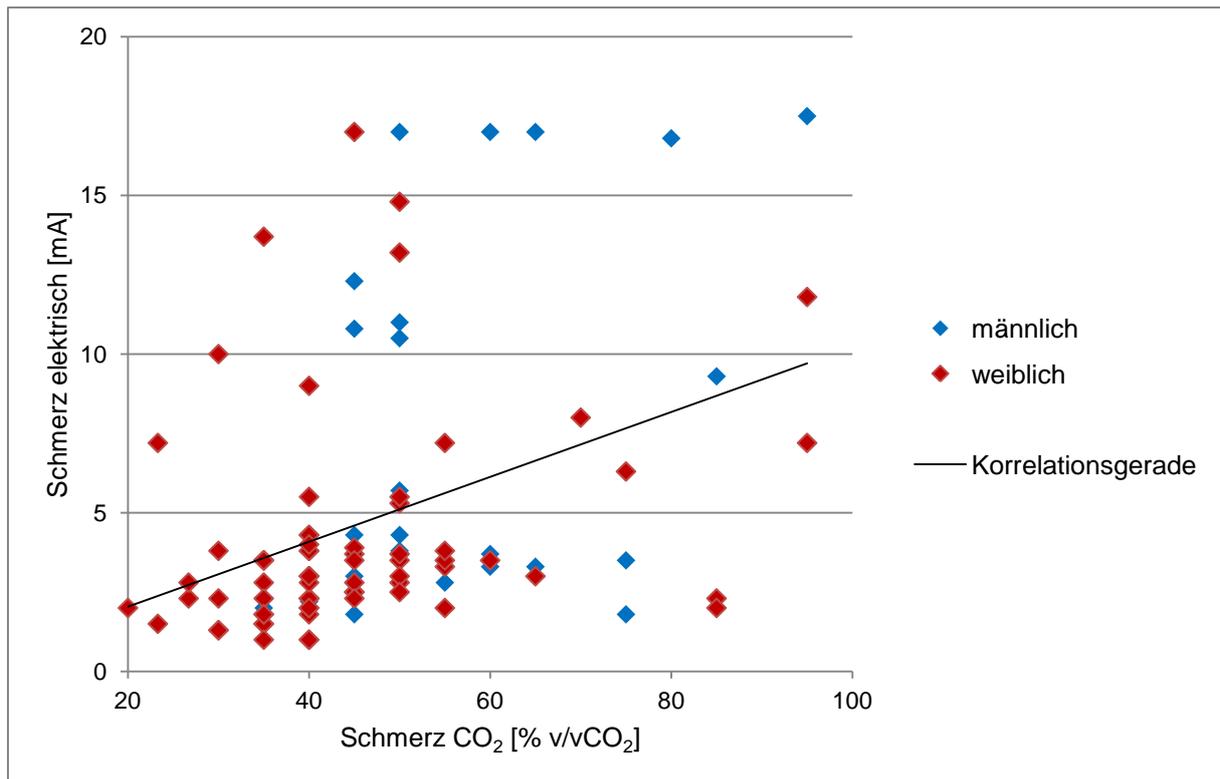


Abbildung 30 bildet den signifikant korrelativen Zusammenhang von trigeminaler und kutaner (elektrischer) Schmerzschwelle ab ($r = 0,4$; $p < 0,01$). Auch hier wurde die zugehörige Korrelationsgerade als veranschaulichendes Element eingefügt.

4.5 Korrelation von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeitsmerkmalen

Auf der Ebene von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeitsmerkmalen ergaben sich folgende Zusammenhänge: Es bestand eine signifikante, positive Korrelation zwischen der Persönlichkeitsdimension Verträglichkeit und der Riechschwelle ($r = 0,3$; $p_{\text{corr}} = 0,02$). Des Weiteren zeigte sich ebenfalls eine signifikante, positive Korrelation zwischen der Persönlichkeitsdimension Neurotizismus und der trigeminalen Wahrnehmungsschwelle ($r = 0,3$; $p_{\text{corr}} = 0,05$).

Diese beiden Zusammenhänge sind in Abbildung 31 und In Abbildung 32 veranschaulicht.

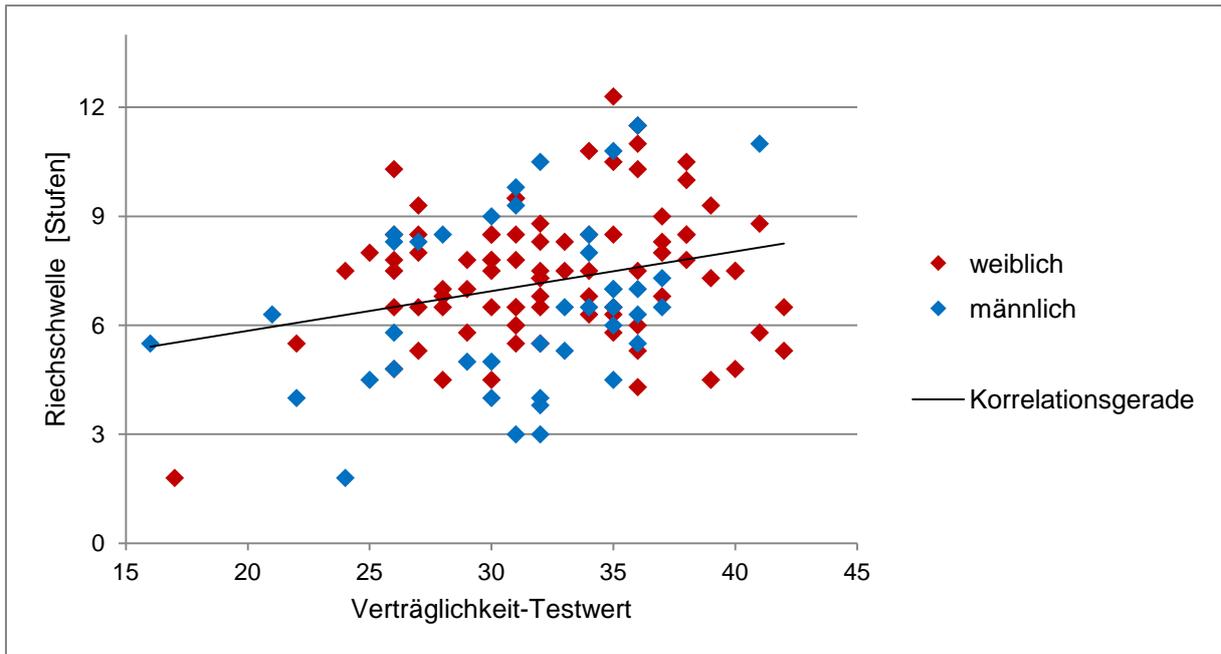
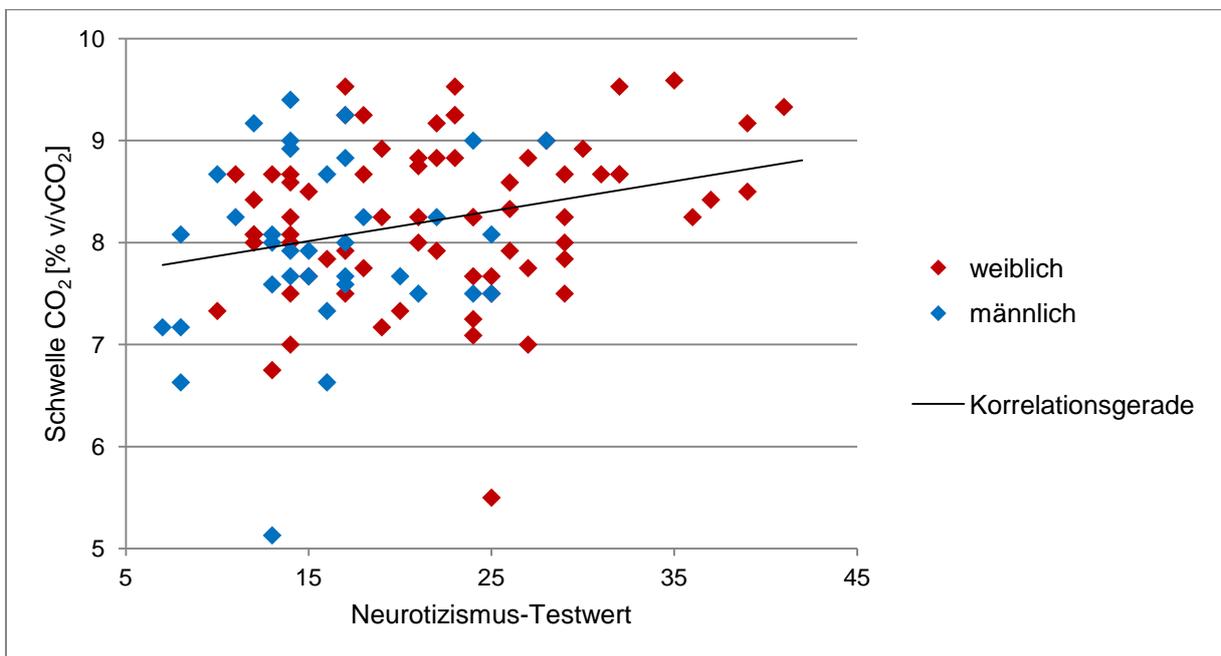


Abbildung 31 zeigt die Korrelation zwischen dem Testwert für Verträglichkeit und der Riechschwelle mit der entsprechenden Korrelationsgeraden ($r = 0,3$; $p_{\text{corr}} = 0,02$).



In Abbildung 32 ist die Korrelation des Persönlichkeitsmerkmals Neurotizismus mit der trigeminalen Sensibilitätsschwelle sowie die dazugehörige Korrelationsgerade abgebildet ($r = 0,3$; $p_{\text{corr}} = 0,05$).

Auch zwischen Neurotizismus und den beiden Schmerzschwellen ließ sich zunächst jeweils eine signifikant positive Korrelation nachweisen (trigeminale Schmerzschwelle: $r = 0,225$; $p_{\text{uncorr}} = 0,021$; kutane Schmerzschwelle: $r = 0,184$; $p_{\text{uncorr}} = 0,46$), die jedoch nach der Bonferroni-Holm-Korrektur für multiple Korrelationsanalysen nicht mehr bestand. Gleiches gilt für den Zusammenhang zwischen der Dimension Gewissenhaftigkeit und trigeminaler Wahrnehmungsschwelle bzw. kutaner Schmerzschwelle, die vor Korrektur eine signifikant negative Korrelation zeigten (trigeminale Wahrnehmungsschwelle: $r = -0,213$; $p_{\text{uncorr}} = 0,28$; kutane Schmerzschwelle: $r = 0,181$; $p_{\text{uncorr}} = 0,46$), welche nach Korrektur verschwand.

Die beiden Persönlichkeitsdimensionen Extraversion und Offenheit für Erfahrungen betreffend zeigten sich keine Zusammenhänge mit irgendeiner Wahrnehmungsschwelle. Weiterhin korrelierten auch die Schmeckschwellen mit keiner der Persönlichkeitsdimensionen.

Die Daten zur Korrelation von Persönlichkeitsmerkmalen und Wahrnehmungsschwellen sind in Tabelle 10 dargestellt.

	Neurotizismus	Extraversion	Offenheit f. Erfahrungen	Verträglichkeit	Gewissenhaftigkeit
Riechschwelle	-0,26 n.s.	0,1 n.s.	0,064 n.s.	0,269 0,002 (0,02)	0,007 n.s.
Schwelle salzig	0,065 n.s.	0,022 n.s.	0,077 n.s.	0,005 n.s.	-0,122 n.s.
Schwelle sauer	0,114 n.s.	-0,108 n.s.	-0,049 n.s.	0,022 n.s.	-0,015 n.s.
Schwelle CO ₂	0,272 0,005 (0,05)	-0,085 0,387	0,003 0,972	0,024 0,803	-0,213 0,028 (n.s.)
Schmerz CO ₂	0,225 0,021 (n.s.)	n.s. n.s.	n.s. n.s.	n.s. n.s.	n.s. n.s.
Schwelle elektrisch	0,176 n.s.	-0,051 n.s.	-0,059 n.s.	0,032 n.s.	-0,058 n.s.
Schmerz elektrisch	0,184 0,42 (n.s.)	0,153 n.s.	0,088 n.s.	0,125 n.s.	-0,181 0,46 (n.s.)

Tabelle 10 bildet die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeit ab. In der jeweils oberen Zeile der horizontalen Spalten steht der Korrelationskoeffizient r . Darunter ist der zugehörige p -Wert angegeben. Die vor der Korrekturrechnung bestehenden korrelativen Zusammenhänge sind gelb unterlegt. Die nach Bonferroni-Holm-Korrektur noch verbliebenen, signifikanten Korrelationen sind rot unterlegt.

5 Diskussion

Die vorliegende Arbeit hatte das Ziel, sich zwei eng verknüpften Fragestellungen zu nähern.

Zum einen sollte untersucht werden, ob verschiedene sensorische Wahrnehmungsschwellen eines Individuums miteinander zusammenhängen. Anders ausgedrückt: Sind die umgangssprachlich genannten „Sinne“ eines Menschen alle in gleicher Weise gut oder schlecht ausgeprägt; kann jeder von uns also einer Kategorie zwischen grundsätzlich sensibel und grundsätzlich unsensibel zugeordnet werden?

Die zweite Fragestellung fußt quasi auf der möglichen Erkenntnis der ersten. Wenn ein Mensch also grundsätzlich sensibel oder unsensibel gegenüber seiner Umwelt wäre, würde es nahe liegen, dass auch seine Persönlichkeit entsprechend geartet ist. Ob dabei die Persönlichkeit auf die Sinneswahrnehmung wirkt oder die Schärfe der Sinne die Persönlichkeit prägt, sei erst einmal dahingestellt. Grundsätzlich liegt zumindest die Vermutung nahe, dass zum Beispiel ein sehr ängstlicher Mensch auch besonders schmerzempfindlich sein könnte.

Bevor man sich den Zusammenhängen von Schwellen und Persönlichkeit widmet, sollten jedoch zunächst einmal die Methoden sowie die deskriptiven Ergebnisse analysiert und diskutiert werden.

5.1 Diskussion der Probandenstichprobe, Methoden und deskriptiven Ergebnisse

5.1.1 Probanden

Die Auswahl der Probandenstichprobe ist letztendlich Grundlage der gesamten Studie und jede Aussage, die anhand einer Studie getroffen wird, ist ganz entscheidend davon abhängig, wie und an wem die Daten erhoben wurden. Hier musste im Vorhinein eine grundsätzliche Entscheidung getroffen werden. Es wäre möglich gewesen, die Stichprobe möglichst repräsentativ für die erwachsene Allgemeinbevölkerung zu wählen, was vor allem beinhaltet hätte, auf eine entsprechende Altersverteilung der Probanden zu achten. Es wurde sich aber ganz bewusst gegen diese Art der Probandenrekrutierung entschieden, da sich daraus einige wichtige Nachteile ergeben. In vorangegangenen Schwellenstudien, insbesondere in Riech- und Schmeckstudien, konnte gezeigt werden, dass die sensorischen Schwellen altersabhängig sind. Ein Beispiel stellt die Studie von Hummel et al. aus dem Jahr

2007 dar, in der das Sniffin' Sticks-Testverfahren bei mehr als 3000 Probanden angewendet wurde. So liegt beispielsweise die mittlere Riechschwelle in der Gruppe der männlichen 16-35-jährigen bei 9,2 (SD 3). In der Gruppe der über 55-jährigen liegt der Mittelwert dagegen zwei Stufen niedriger bei 7,2 (SD 3,6). Da niedrigere Stufen höher konzentriert sind, ist davon auszugehen, dass das mittlere Riechvermögen mit dem Alter abnimmt (Hummel et al. 2007), was sich in der hier zitierten Studie sogar noch drastischer im Identifikations- und Diskriminationstest zeigt. Auch mit dem Schmeckvermögen verhält es sich in ähnlicher Weise. Dies belegt eine groß angelegte Schmeckstudie von Landis et al., die unter Verwendung der auch in der vorliegenden Arbeit benutzten Taste Strips, durchgeführt wurde (Landis et al. 2009). Nicht zuletzt ist auch die durchschnittliche Ausprägung der Persönlichkeitsvariablen aus dem NEO-FFI altersabhängig, weswegen das Manual zum Fragebogen mehrere altersbezogene Normwerttabellen für die Auswertung zur Verfügung stellt (Borkenau & Ostendorf 2008). All diese Überlegungen und letztendlich auch der Umstand, dass an einer Universität vor allem Studenten im nötigen Zahlenumfang für eine Studie zu gewinnen sind, führten zu dem Schluss, sich auf eine Untersuchung an jungen, gesunden Probanden zu konzentrieren.

Die Geschlechterverteilung weiblich zu männlich betrug etwa 2:1 (85 Probandinnen, 41 Probanden). Dies ist wiederum der Verfügbarkeit freiwilliger Studienteilnehmer geschuldet und ist für die Mittelwerte der Gesamtstichprobe kritisch zu sehen, da sich die in der Literatur bekannten Schwellenwerte von Frauen und Männern zumindest was Riech- und Schmeckschwelle betrifft, durchaus voneinander unterscheiden (Hummel et al. 2007; Landis et al. 2009). Auch was die Schmerzwahrnehmung betrifft, gibt es deutliche Geschlechtsunterschiede, was in mehreren aktuellen Studien diskutiert wird (Bernardes et al. 2008; Kindler et al. 2011; Palmeira et al. 2011). Vor diesen Hintergründen wurde in der Auswertung der vorliegenden Arbeit besonderer Wert darauf gelegt, signifikante Geschlechtsunterschiede auszurechnen und hervorzuheben. Diese werden an späterer Stelle gesondert diskutiert (siehe 5.1.4 Diskussion der Geschlechtsunterschiede).

5.1.2 Methoden

Die Methoden, die zur Erhebung der Schwellendaten und der Persönlichkeitsmerkmale angewendet wurden, sind alle in der klinischen Forschung fest etabliert und wurden in zahlreichen, zum großen Teil hier schon genannten Studien, auf ihre Reliabilität und Validität hin überprüft.

Ein besonderer Vorteil ist darin zu sehen, dass die Studie im Interdisziplinären Zentrum für Riechen und Schmecken der Universitätsklinik Dresden durchgeführt wurde. In der langjährigen Forschungsarbeit sind Messinstrumente wie die Sniffin' Sticks, Taste Strips und

das Olfaktometer nicht nur im Forschungsalltag etabliert sondern zum Teil auch dort entwickelt worden. Dies ist eine wichtige Grundlage fehlerminimierter Messungen hoher Präzision.

Der NEO-FFI ist als Messinstrument für die Big Five der Persönlichkeit schon seit über 20 Jahren im Gebrauch. Dieser lange Zeitraum machte es den Autoren der deutschen Fassung möglich, Datensätze von über 12.500 Probanden in die im Manual bereitgestellten Analysebefunde, Normen und Vertrauensintervalle einfließen zu lassen (Borkenau & Ostendorf 2008), was die Normwerttabellen repräsentativ für die Normwerte der Gesamtbevölkerung macht. Seine schnelle und einfache Anwendbarkeit - die Beantwortung der Fragen dauert im Durchschnitt nur 10 Minuten - machen den NEO-FFI zu einem idealen Instrument zur Erfassung individueller Merkmalsausprägungen in den Bereichen Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrung, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit. Dennoch haben Fragebogen sowie Fünffaktoren-Modell ihre Grenzen, die bei der Interpretation der Ergebnisse nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Eine solche Grenze ist, dass das Konstrukt der fünf Faktoren von Wissenschaftlern zwar weithin als robust und replizierbar akzeptiert ist, man sich jedoch teilweise weder über die adäquate Benennung der Persönlichkeitsdimensionen noch deren genaue Interpretation vollständig einig ist (Borkenau & Ostendorf 2008). Ein weiterer wichtiger Aspekt, der letztendlich bei fast allen Fragebögen bedacht werden muss, ist der Effekt der sozialen Erwünschtheit. Die durch den NEO-FFI erfassten Persönlichkeitsvariablen sind nicht frei von Wertung: Während Extraversion, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit allgemein positiv bewertet werden, wird eine hohe Ausprägung der Dimension Neurotizismus gemeinhin negativ angesehen. Dementsprechend korrelieren Extraversion, Verträglichkeit und Gewissenhaftigkeit positiv miteinander und jeweils negativ mit Neurotizismus (Borkenau, 1989). Dies scheint aber auch in der Natur der Sache zu liegen, da Persönlichkeitseigenschaften sprachenübergreifend quasi nie wertfrei sind. Die Frage ist jedoch, inwieweit der Fragebogen dadurch manipulierbar wird. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass ein intelligenter Proband in der Lage wäre, das Ergebnis des NEO-FFI zu verfälschen (Pauls & Crost 2005). Um dies zu tun, müsste er jedoch ein Interesse daran haben. So wären die Ergebnisse schwierig auszuwerten, hätten die Probanden die Fragestellung der Studie gekannt oder wären die Daten des Fragebogens nicht anonym gesammelt worden. Den Probanden wurden im Vorhinein jedoch nur Informationen zum Ablauf der Studie mitgeteilt sowie eine Anonymisierung der Daten garantiert. Somit sind über das Maß der Normstichprobe in Richtung soziale Erwünschtheit abweichende Ergebnisse unwahrscheinlich.

5.1.3 Diskussion der deskriptiven Ergebnisse

Der im Ergebnisteil angegebene Mittelwert der Riechschwelle in der Gesamtstichprobe liegt in der Norm eines Menschen mit durchschnittlich gutem Riechvermögen. Dies war auch zu erwarten, da die potentiellen Probanden vor den Messungen einen detaillierten Anamnesebogen auszufüllen hatten, der zum Teil auch zum Ausschluss von der Studie führen konnte. Der häufigste Grund dafür waren akute grippale Infekte, bei denen die Nasenatmung behindert war. Die Probanden, die entsprechende Angaben machten, wurden zu einem späteren Messtermin gebeten. Andere Ausschlussgründe waren selten, da in dem Aushang, der um Probanden warb, bereits die meisten Ausschlusskriterien aufgeführt waren. In einem einzelnen Fall führte jedoch auch eine medikamentös eingestellte Schizophrenieerkrankung zum Studienausschluss. Der Zusammenhang zum Riechen scheint auf den ersten Blick nicht direkt ersichtlich, jedoch sind Veränderungen des Riechvermögens bei psychiatrischen Erkrankungen ein sehr aktuelles und spannendes Forschungsfeld. So zeigt eine Studie aus dem Jahr 2008, dass psychiatrische Erkrankungen wie Schizophrenie und Depression mit Veränderungen des Riechvermögens einhergehen. Beispielsweise wiesen schizophrene Patienten eine herabgesetzte Geruchsidentifikation und -diskrimination auf (Atanasova et al. 2008). Vor allem die Wahrnehmung von Gerüchen, deren Verarbeitungsweg eine cAMP-Aktivierung einschließt, scheint bei schizophrenen Patienten besonders erschwert zu sein (Turetsky & Moberg 2009).

Bereits im Ergebnisteil wurde ein Vergleich zu vor wenigen Jahren erhobenen Normdaten für die Sniffin' Sticks- Messungen angestellt und darauf hingewiesen, dass die mittlere Riechschwelle dieser Normstichprobe großen Umfangs höher lag als in der vorliegenden Studie (siehe auch 4.2.1 Riechschwelle). Dies ist zunächst schwer zu erklären. Jedoch fällt bei detailliertem Vergleich beider Studien auf, dass der Schwellentest mit unterschiedlichen Riechstoffen durchgeführt wurde. In der Studie von Hummel (Hummel et al. 2007) wurde n-Butanol verwendet, während die Sniffin' Sticks der vorliegenden Studie PEA enthielten. Über den Vergleich beider Riechstoffe existieren nur wenige und widersprüchliche Studien. Eine Studie belegt, dass die Schwellen für beide Riechstoffe korrelieren (Croy et al. 2009), während wiederum eine andere Studie zeigt, dass die Schwelle für n-Butanol höher liegt als die für PEA (Zernecke et al. 2010). Als Quintessenz bleibt, dass noch weitere Forschung notwendig ist, um eine Vergleichbarkeit beider Riechstoffe zu gewährleisten. Jedoch eignen sich sowohl n-Butanol als auch PEA dazu, normosmische von anosmischen Probanden zu unterscheiden (Croy et al. 2009).

Der Vergleich der deskriptiven Ergebnisse des Schmecktests ist insofern schwierig, als dass der Test wie schon erwähnt erstmalig in genau dieser Konzentrationsabstufung durchgeführt

wurde. Dennoch fällt auf, dass der Mittelwert der Qualität sauer auch im mittleren Bereich der Konzentrationsstufen (10 Stufen, Mittelwert Stufe 5) liegt, während sich der Mittelwert der Qualität salzig im oberen Konzentrationsbereich (14 Stufen, Mittelwert Stufe 10) befindet. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass vor der Studie erst ein experimenteller Erfahrungsschatz gewonnen werden musste, der nun durch die Studie selbst noch ergänzt wird. Es wurde im Methodenteil bereits beschrieben, dass zunächst nur 10 Stufen beider Geschmacksrichtungen geplant waren, dies aber für salzig nicht ausreichend war. Obwohl noch vier weitere Verdünnungsstufen hergestellt wurden, gab es in der Studie insgesamt 12 Probanden, die schon Stufe 14 dreimal in Folge richtig identifizierten. Es wäre also für zukünftige Messungen günstiger, noch weitere, niedriger konzentrierte Stufen des Geschmacks salzig einzusetzen. Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, dass die Aussage der Studie sich durch diese Präzisierung nicht verändern würde, da auch die optimal konzentrierte Geschmacksstufe sauer keinerlei Korrelationen zu anderen Schwellen oder Persönlichkeitsmerkmalen aufwies. Dies wird an späterer Stelle noch genauer erläutert.

Die deskriptiven Ergebnisse der trigeminalen Sensibilität entsprechen den zu erwartenden Größenordnungen. Die trigeminale Wahrnehmungsschwelle lag mit 18% v/vCO₂ 5% niedriger als die 2003 durch Hummel et al. publizierte Schwellenwerte von 23% v/vCO₂ (Hummel et al. 2003). Dieser Unterschied macht zunächst stutzig. In der zitierten Vergleichsstudie konnte jedoch auch gezeigt werden, dass eine längere Reizdauer zu einer herabgesetzten Schmerzschwelle führt (Hummel et al. 2003) und somit erklären sich die Unterschiede zur vorliegenden Arbeit: Während Hummel eine Reizdauer von 200 ms verwendete, kam in der vorliegenden Studie eine Reizdauer von 500 ms zum Einsatz. Es ist also nur logisch, dass der Schwellenwert bei verlängerter Reizdauer niedriger liegt.

Die trigeminale Schmerzschwelle lag in beiden Studien bei ähnlichen Konzentrationen, wobei sich jedoch auch die Reizdauer nur minimal unterschied. In der zitierten Studie von Hummel lag sie bei einer Reizdauer von 400 ms bei 47% v/vCO₂ (Hummel et al. 2003), während sich die Schmerzschwelle in der vorliegenden Studie mit einer fast gleichen Reizdauer von 500 ms bei 47,8% v/vCO₂ befand. Wie auch bei der kutanen Schmerzschwelle ergab sich das Problem, dass drei Probanden auch bei höchster erreichbarer CO₂- Konzentration keine Schmerzen angaben und deswegen aus den Rechnungen ausgeschlossen werden mussten. Eventuell hätte man das Problem mit einer noch längeren Reizdauer umgehen können, jedoch wären dann die Ergebnisse mit früheren Studien kaum mehr vergleichbar gewesen. Hinzu kommt, dass nicht auszuschließen ist, dass bei einer so langen Reizdauer auch eine Adaptation der Nervenfasern an den Schmerzreiz stattfindet (Schmidt & Schaible 2006), die noch zusätzlich das Ergebnis verfremdet hätte.

Analysiert man die Ergebnisse des elektrischen Schwellentests, zeigt sich eine ähnliche Problematik wie für den Schwellentest des salzigen Geschmacks. Die mittlere Schwelle lag bei 0,37 mA, was in Worten ausgedrückt der viertniedrigsten mit den vorhandenen Messinstrumenten applizierbaren Stromstärke entspricht. Wiederum gab es auch Probanden, deren Schwelle bei 0,05 mA lag. Das bedeutet, dass sie die niedrigste Stufe von 0,1 mA eindeutig identifizieren konnten, da sich der Testwert aus dem Mittelwert der letzten vier Wendepunkte der Messung ergibt ($[0 \text{ mA} + 0,1 \text{ mA} + 0 \text{ mA} + 0,1 \text{ mA}] : 4 = 0,05 \text{ mA}$). Bei diesen besonders sensiblen Probanden wäre es interessant gewesen, mit noch kleineren Stromstärken zu reizen. Jedoch ist das in der Studie verwendete Applikationsgerät dazu nicht in der Lage. Um einen ähnlichen Effekt zu erzielen, könnte man auch versuchen mit einer kürzeren Reizdauer vorzugehen. Dies konnte aber in der vorliegenden Studie nicht zur Anwendung kommen, da die Messungen dann nicht mehr untereinander vergleichbar gewesen wären. Letztendlich handelt es sich hier aber um Beträge im Zweinachkommastellenbereich, die das Endergebnis nicht wesentlich beeinflusst hätten. Gleiches gilt auch für die bestimmte Schmerzschwelle. Einige Probanden gaben auch bei 20 mA keine Schmerzempfindung an, sodass ihre Datensätze aus den Rechnungen herausgenommen werden mussten, da mit dem Reizgerät keine höhere Stromstärke zu erzielen ist. Auch hier wäre eine Verlängerung der Reizdauer unter Umständen eine alternative Methode zur Reizintensivierung. Glücklicherweise bestand diese Problematik aber nur bei sechs Messungen, sodass sie für das Gesamtergebnis zu vernachlässigen ist.

Die Ausprägung der fünf Persönlichkeitsdimensionen zeigte einige signifikante Abweichungen von der Normstichprobe, was sich im Kontext der Auswahl der Probandenstichprobe jedoch gut erklären lässt. Leichte Abweichungen ergaben sich wie oben erwähnt bei den Dimensionen Neurotizismus und Extraversion. Am wichtigsten (da auf höherem Niveau signifikant) ist jedoch der Unterschied der Mittelwerte für die Dimension Gewissenhaftigkeit zu sehen. Borkenau und Ostendorf erklären die Bedeutung des Faktors Gewissenhaftigkeit in folgender Weise: Grundlage für die Dimension Gewissenhaftigkeit ist die Fähigkeit zur Selbstbeherrschung, die sich auf Planung, Organisation und Durchführung von Aufgaben bezieht. Menschen mit hohen Punktwerten in der Skala bezeichnen sich selbst als zielstrebig, ausdauernd, willensstark, zuverlässig, pünktlich, genau und ehrgeizig (Borkenau & Ostendorf 2008). Wie mehrfach erwähnt wurde, handelte es sich bei den Probanden vorwiegend um Studenten der Medizin und Mitarbeiter der medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus. Da das Einschlagen einer akademischen Laufbahn ein großes Maß an Gewissenhaftigkeit voraussetzt, ist die hohe Ausprägung dieses Faktors bei Medizinstudenten nicht verwunderlich. Im Gegenteil existieren multiple Studien zum Zusammenhang der Big Five und Erfolg im Beruf, wobei das am häufigsten zitierte Standardwerk zu diesem Thema die Arbeit von Barrick und Mount „The big five personality

dimensions and job performance" ist. Die Autoren deklarieren hohe Skalenwerte in der Dimension Gewissenhaftigkeit als entscheidenden Prädiktor für eine hohe Arbeitsleistung und beruflichen Erfolg (Barrick & Mount 1991). Dieses Wissen kommt heutzutage insbesondere in der amerikanischen Wirtschaftspsychologie zur Anwendung, wonach in einigen Firmen Bewerber für einen beruflichen Posten unter anderem die amerikanische Version des NEO-FFI beantworten müssen und nach ihrer Punktzahl als mehr oder weniger geeignet eingestuft werden. So gibt es auch aktuelle Studien, die empfehlen, die Gewissenhaftigkeitsskala z.B. als Auswahlkriterium für die Besetzung von Managerposten hinzuzuziehen (Taylor, 2008).

5.1.4 Diskussion der Geschlechtsunterschiede

In der vorliegenden Studie zeigten sich bei mehreren Schwellenbestimmungen signifikante Geschlechtsunterschiede. Frauen reagierten signifikant sensibler im Riechtest sowie bei der kutanen Wahrnehmungsschwelle und beiden Schmerzschwellen. Außerdem waren Frauen auf Testwertebene signifikant neurotischer als Männer. Diese Ergebnisse verwundern nicht, da auch in früheren Studien schon mehrfach gezeigt worden ist, dass Frauen auf Umweltreize allgemein sensibler reagieren als Männer. So wurde dieser Fakt z.B. in der bereits zitierten Normdatenstudie zum Sniffin' Sticks Test untermauert, in der Frauen in allen drei Testkomponenten (Identifikation, Diskrimination und Schwelle) besser abschnitten als Männer (Hummel et al. 2007). In einer Untersuchung mittels fMRT zeigten Frauen zudem eine ausgeprägtere kortikale Aktivierung als Männer (Yousem et al. 1999), was für den höheren Stellenwert der Geruchswahrnehmung bei Frauen spricht. Es ist weiterhin schon seit längerem bekannt, dass es Riechstoffe gibt, die abhängig von der genetischen Ausstattung des Individuums wahrgenommen werden können oder eben auch nicht. Ein Beispiel dafür ist das Steroid Androstenon, was Frauen viel häufiger zu riechen in der Lage sind als Männer (Bekaert et al. 2011). Gleiches gilt für den im Schweißgeruch enthaltenen Stoff 2-Methyl,3-Mercaptobutanol (2M3M) (Chopra, 2008).

Die Frage ist also weniger, ob Frauen ein durchschnittlich besseres Riechvermögen als Männer aufweisen, sondern vielmehr, warum dies so ist. Bei den beiden zuletzt zitierten Studien, in denen spezifische Gerüche untersucht wurden, könnte man so argumentieren, dass Männer schon allein durch die gegenüber dem weiblichen Geschlecht fünffach höhere Schweißmenge pro Tag sowohl Androstenon als auch 2M3M in größeren Mengen produzieren. Androstenon dient außerdem als Pheromon, also als sexueller Lockstoff, und ist als chemischer Abkömmling des Testosterons natürlich vor allem auf das weibliche Geschlecht ausgerichtet. Es kann also angenommen werden, dass bei Männern in der

Pubertät eine Art Adaptationsprozess stattfindet, der gegenüber beiden Stoffen unsensibler macht (Chopra et al. 2008).

Nichtsdestotrotz besteht bei Frauen aber eben nicht nur ein geruchsselektiv besseres Riechvermögen. Dies könnte mit der sozialen Funktion des Riechens im Zusammenhang stehen, worauf jedoch erst später noch näher eingegangen werden soll.

Auch in der Schmerzforschung sind die in der vorliegenden Studie präsentierten Geschlechtsunterschiede schon lange bekannt. Dies wird sowohl auf biologische als auch psychologische Aspekte zurückgeführt. Beispielsweise hängen Wahrnehmung und Äußerung von Schmerzen stark davon ab, was in unserer jeweiligen Geschlechterrolle gesellschaftlich von uns erwartet wird (Alabas et al. 2012). Das bedeutet, dass das, was wir als schmerzhaft bezeichnen, maßgeblich dadurch beeinflusst wird, ob wir zum sogenannten „starken Geschlecht“ gehören und deswegen der Erwartungshaltung entsprechen müssen, „etwas auszuhalten“ oder ob wir uns als Zugehörige zum „schwachen Geschlecht“ eher eine gesellschaftlich akzeptierte Schmerzäußerung leisten können. Auch dass in der vorliegenden Studie fast alle Personen, die bis zur höchsten elektrischen Reizstufe keine Schmerzempfindung angaben, männlichen Geschlechts waren, stützt diese These (5 männliche Probanden, eine Probandin).

Was chronische Schmerzen betrifft, sind Frauen ebenfalls häufiger betroffen als Männer. Die genauen Mechanismen sind noch weitgehend unbekannt und umstritten, jedoch gibt es Ansätze, die zumindest Unterschiede der Schmerzmodulationssysteme des männlichen und weiblichen Geschlechts aufzeigen. Schmerzmodulation bedeutet in diesem Zusammenhang Folgendes: Ein Schmerzreiz kann durch die Produktion endogener Opiate wie z.B. den Enkephalinen und den Endorphinen über absteigende Nervenbahnen im Rückenmark gehemmt werden. Doch auch hier gibt es Geschlechterunterschiede. In einer aktuellen Studie an Ratten konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass die weibliche Schmerztransduktion stärker durch Opiate zu beeinflussen ist als die männliche. Anders ausgedrückt bedeutet das, dass für das weibliche Geschlecht endogene Opiate zur Schmerzmodulation eine wesentlich größere Rolle spielen als für das männliche Geschlecht (Gaumond et al. 2007). Auch Sexualhormone scheinen an der Modulation von Schmerzen beteiligt zu sein. So wurde in einer anderen Studie herausgefunden, dass Probandinnen unter hohen Progesteronkonzentrationen eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit aufwiesen und dass diesem Effekt eine steigende Östradiolkonzentration entgegengewirkt (Stening et al. 2007). Dies kann auch die Beobachtung erklären, dass Frauen abhängig von ihrem hormonellen Zyklus mehr oder weniger schmerzempfindlich sind.

5.2 Diskussion der korrelativen Ergebnisse

5.2.1 Korrelation der Wahrnehmungsschwellen

Die Frage, die sich bei der Korrelationsanalyse der Wahrnehmungsschwellen untereinander stellte, war die nach einem sensorischen Universaltalent. Im Einleitungsteil wurden bereits einige Studien vorgestellt, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Wahrnehmungsschwellen zeigen konnten. Jedoch waren Studien, die Zusammenhänge insbesondere von Reizen mit völlig unterschiedlichen Rezeptoren und Signaltransduktionswegen beschrieben, selten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie reihen sich in dem Sinne in die vorbestehende Literatur ein, als dass wiederum stark verschiedene Sinnesqualitäten wie beispielsweise Schmeckschwelle und Schmerzschwelle keine Zusammenhänge aufwiesen. Es zeigte sich jedoch eine Korrelation bei den Reizen, die eine potentielle Bedrohung für den Organismus darstellen: Korrelationen fanden sich zwischen elektrischer Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle, sowie zwischen trigeminaler und elektrischer Schmerzschwelle. Auch zwischen trigeminaler Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle stellten wir eine Korrelation ($p = 0,01$) fest, die jedoch nach Bonferroni-Holm-Korrektur keinen Bestand hatte. Es zeigt sich also in Konkordanz mit den in der Einleitung erwähnten Studien von Komiyama und Neddermeyer (Komiyama et al. 2006; Neddermeyer et al. 2008), dass die Schmerzempfindlichkeit einer Person gegenüber verschiedenen Reizen verallgemeinert als hoch oder niedrig bezeichnet werden kann. Dies liegt auch insofern nahe, als dass Schmerz, egal wo er im Körper entsteht, immer in gleicher Form zentral verarbeitet wird. Der zusätzliche Aspekt der vorliegenden Studie im Vergleich zu den genannten Studien ist, dass hier auch ein chemisch induzierter, intranasaler Schmerzreiz zum Einsatz kam, während in den früheren Studien vorwiegend elektrische, thermische und mechanische Reize verwendet wurden. Es ergibt sich also ein Zusammenhang der Reizantwort völlig unterschiedlicher Rezeptoren, deren gemeinsamer Nenner in der kognitiven Bewertung „Schmerz“ besteht.

Die schmerzhaften Stimuli betreffend lassen sich die Probanden je nach Schmerzempfindlichkeit grob in zwei Gruppen einteilen. Die größere Gruppe stellt die der verstärkt schmerzempfindlichen Probanden dar. Sie umfasst Probanden mit durchschnittlicher und verstärkter Empfindlichkeit gegenüber Schmerzreizen. Weitaus kleiner ist die Gruppe der Probanden, die als quasi indolent bezeichnet werden können. Dies entspricht den Ergebnissen von Neddermeyer, der ebenfalls zwei Gruppen der Charakterisierung „empfindlich gegenüber Schmerzen“ und „unempfindlich gegenüber Schmerzen“ abstufen konnte (Neddermeyer et al. 2008).

Grundsätzlich ist bereits im Theorieteil die Problematik erwähnt worden, dass sich das „Konstrukt Schmerz“ aus zwei Komponenten zusammensetzt: einer sensorischen und einer kognitiv-bewertenden Komponente. Dies wird auch schon in der genannten Definition von Schmerz deutlich, in der Schmerzen als „sensory and emotional experience“ bezeichnet werden. Die getrennte Untersuchung beider Komponenten gestaltet sich schwierig. Man könnte beispielsweise die sensorische Komponente messen, indem man den Grad der sympathikoadrenergen Aktivierung nach einem Schmerzreiz misst. So könnte zum Beispiel die Katecholaminkonzentration im Blut bestimmt werden oder man könnte die Hautleitfähigkeit als Maß für die erhöhte Schweißproduktion untersuchen. Aber auch diese Messmethoden wären nur eine Kompromissvariante, da sie den hervorgerufenen Schmerz nur indirekt abbilden können und eine Sympathikusaktivierung nicht nur von Schmerzempfindungen abhängt, sondern auch vom allgemeinen Aktivierungslevel des vegetativen Nervensystems. Letztendlich ist auch die subjektiv-kognitive und nicht die sensorische Schmerzkomponente die für das Individuum entscheidende, und im individuellen Schmerzerleben sind beide nicht voneinander zu trennen. Auch in der vorliegenden Studie wurde das Schmerzempfinden als sensorisch-emotionale Einheit getestet. Trotzdem ist eine Vergleichbarkeit der Schmerzschwellen mit den anderen getesteten Schwellen gegeben, da man davon ausgeht, dass die Schmerzschwelle den sensorischen Teil des Schmerzes reflektiert, während die Schmerztoleranz für den emotionalen Teil steht (Price, 1994).

Die generalisierte Einschätzung einer Person als empfindlich oder unempfindlich lässt sich jedoch nicht auf Reize übertragen, denen kein schmerzhafter Charakter innewohnt. Hier traten weder signifikante Korrelationen auf noch war die Einteilung in zwei Probandengruppen möglich.

Der Studienaufbau ist nah an unserem täglichen Leben orientiert, da vorwiegend chemosensorische Reize appliziert wurden. Wie im Theorieteil beschrieben, ist unser Geschmackserleben letztendlich ein Zusammenspiel aus gustatorischen, olfaktorischen und trigeminalen Reizen. Da zwischen diesen Reizen offensichtlich kein direkter Zusammenhang besteht, verwundert es auch nicht, warum „Geschmäcker verschieden“ sind. Das Geschmackserlebnis ist im Gegenteil durch die vielen voneinander unabhängigen Komponenten sehr individuell und so ist also schon auf Rezeptorebene erklärbar, warum zum Beispiel ein und dasselbe Gericht durch manchen als vordergründig scharf (trigeminal „schmerzhaft“) oder durch andere als vorwiegend säuerlich (gustatorisch „sauer“) erlebt wird. Aus diesem Betrachtungswinkel ist die Wichtigkeit der kognitiven Ebene noch vollkommen unberücksichtigt geblieben. Um diese mit einzubeziehen, wurde in der Studie auch die Persönlichkeit der Probanden untersucht, was im Folgenden diskutiert wird.

5.2.2 Korrelation von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeit

Wie schon die Ergebnisse der Korrelationsanalyse der verschiedenen Wahrnehmungsschwellen implizierte, ist es nicht unbedingt die Ähnlichkeit der Rezeptorstimulierenden Reize, sondern vielmehr die Ähnlichkeit der zentralen Verarbeitung, die zu Zusammenhängen von grundsätzlich ganz unterschiedlichen Reizformen führt. So könnte man also auch davon ausgehen, dass überdauernde psychische Verhaltensmuster, auch als Persönlichkeitsvariablen zu bezeichnen, ebenfalls mit den Reizwahrnehmungsschwellen korrelieren.

Diese Annahme konnte in der vorliegenden Studie an zwei Stellen eindeutig nachgewiesen werden. Zum einen korreliert die Riechwahrnehmung mit dem Faktor Verträglichkeit. Zum anderen korreliert die trigeminale Sensibilität mit dem Faktor Neurotizismus.

Ohne die korrelierenden Merkmale im Einzelnen zu betrachten ist also grundsätzlich festzustellen, dass gewisse Zusammenhänge zwischen unserer Wahrnehmung und unserer Persönlichkeit existent sind. Da es sich bei den beiden Zusammenhängen um inhaltlich ganz unterschiedliche Aussagen handelt, sollen sie getrennt betrachtet werden.

Zunächst wird auf den Zusammenhang von Geruchssinn und Sozialer Verträglichkeit eingegangen. Intuitiv scheint es sich bei beiden Faktoren um ganz unterschiedliche Dinge zu handeln, jedoch ist evolutionär betrachtet die Bedeutung des Geruchssinns bei der sozialen Interaktion kaum zu überschätzen. Das Riechhirn stellt phylogenetisch einen der ältesten Teile des zentralen Nervensystems dar. Phylogenetisch sehr alte Lebewesen wie Würmer besitzen bereits den Geruchssinn, um sich in ihrer Umwelt zu orientieren. Mindestens genauso überlebenswichtig ist das Riechen auch bei den Säugetieren, da es ihnen möglich macht, zwischen Freund und Feind zu unterscheiden. Dies belegen Studien mit Nagern, wie z.B. die folgende von Loranca et al. aus dem Jahr 2001: Um die Abhängigkeit des Sozialverhaltens vom Riechvermögen der Tiere zu untersuchen, wurde bei einem Teil der neugeborenen Ratten die Riechschleimhaut einseitig thermisch verödet. Eine zweite Tierpopulation neugeborener Nager erhielt eine chemische Ablation der Riechschleimhaut beidseits und war somit völlig geruchsdeprimiert. Im Verlauf zeigte sich, dass sowohl die männlichen als auch weiblichen Tiere mit eingeschränktem Geruchsvermögen ein vermehrt aggressives Sozialverhalten entwickelten. Dies äußerte sich in häufigem Kämpfen und Ringen unter den Jungtieren. Im Gegensatz dazu zeigten die völlig anosmischen weiblichen Tiere eine verringerte Konfrontationsbereitschaft mit den Artgenossen (Loranca & Salas 2001). Aus den Ergebnissen lässt sich folgern, dass Geruchsvermögen und Sozialverhalten eng zusammenhängen, was auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit unterstützen.

Für den medizinischen Alltag noch brisanter ist die zweite korrelative Beziehung zwischen trigeminaler Sensibilität und erhöhten Neurotizismuswerten. Das trigeminale System hat, wie zu Beginn ausführlich erläutert, vor allem eine Warnfunktion. Es detektiert Noxen, die Schmerzen auslösen und potentiell gefährlich für den Organismus sind. Umso einleuchtender ist es, dass die erhöhte Empfindlichkeit eines peripheren Gefahrendetektors mit einer erhöhten zentralen Sensibilität gegenüber Gefahr auf Persönlichkeitsebene einhergeht. Auch dieser Gedanke ist bereits in vorherigen Studien beleuchtet worden. Ein Beispiel dafür ist eine Studie aus dem Jahr 2011, in der der Zusammenhang von Ängstlichkeit/Neurotizismus und Schmerzempfinden bei einer Zahnbehandlung untersucht wurde. Hierfür gaben 100 Zahnarztpatienten an, wie stark die Schmerzen waren, die sie während der Zahnbehandlung verspürten (Angabe auf einer visuellen Analogskala mit Werten von 1-10). Außerdem beantworteten sie einen Angstlevelfragebogen. Die Auswertung der Ergebnisse konnte zum einen einen signifikanten Geschlechtsunterschied bezüglich der Ängstlichkeit zeigen, in dem Sinne, dass Frauen signifikant mehr angstbehaftet waren als Männer. Zum anderen ergab sich bei beiden Geschlechtern auch eine signifikante Korrelation zwischen Angstlevel und Schmerzlevel (Sanikop et al. 2011). Beide Ergebnisse sind auch in der vorliegenden Studie nachgewiesen worden.

Dennoch stellt sich die Frage, warum die Korrelation nur zwischen der trigeminalen Sensibilität und Neurotizismus nachgewiesen werden konnte, während trigeminale und elektrische Schmerzschwelle nicht eindeutig mit hohen Neurotizismuswerten zu vergesellschaften waren. Hierzu ist zu sagen, dass, wie in den Ergebnissen beschrieben, durchaus eine Tendenz zu einem signifikanten Zusammenhang ersichtlich war, welcher jedoch der Bonferroni-Korrektur zum Opfer fiel. Es ist also möglich, dass mit einer höheren Fallzahl noch eine überdauernde Signifikanz zu erreichen wäre.

Ein weiterer Punkt ist die Frage danach, inwiefern eine Schwellenstudie das ideale Messinstrument für die vergleichende Betrachtung mit zentralnervösen Prozessen darstellt. Es gibt nämlich Hinweise darauf, dass Schwellenbestimmungen vor allem die jeweils untersuchte Sinnesqualität auf Rezeptorebene wiedergeben. Dies zeigt eine Studie über die Einschränkung des Riechvermögens durch eine vorliegende AIDS-Demenz. Hier konnte nachgewiesen werden, dass bei den Patienten eine beeinträchtigte Geruchsidentifikation vorlag, während die Riechschwelle keine Veränderung zeigte. Die Autoren gehen deswegen davon aus, dass es sich um zwei verschiedene Ebenen der Pathologie handelt (Hornung et al. 1998). Für die vorliegende Studie ergäbe sich daraus die Konsequenz, dass sich möglicherweise mehr Zusammenhänge zu Persönlichkeitsvariablen ergeben würden, wenn man die zentrale Verarbeitung der Sinneseindrücke abbilden könnte. Dies wäre für das Geruchsvermögen über die Geruchsidentifikation leicht möglich. Für die anderen

Sinnesqualitäten müssten die geeigneten Messinstrumente jedoch erst noch entwickelt werden.

5.3 Resümee und Ausblick

Will man die Ergebnisse der vorliegenden Studie in wenigen Worten zusammenfassen, so ist zunächst festzuhalten, dass eine gegenüber ihrer Umwelt grundsätzlich sensible oder unsensible Persönlichkeit nicht existiert. Die zweite Kernaussage ist, dass Überschneidungspunkte von Persönlichkeit und Wahrnehmung der Umwelt bestehen. Diese sind jedoch begrenzt auf die Fähigkeiten, die letztendlich das Überleben des Menschen sichern und gesichert haben.

Das ist zum einen die Fähigkeit Gefahr zu erkennen, zu bewerten und darauf zu reagieren. Hier spielen Schmerzempfindung und Angst eine zentrale Rolle. Die enge Kopplung ist klar ersichtlich: Potentielle Gefahr und Schmerzen führen zu einer Alarmreaktion des Körpers und damit zu Angst.

Zum anderen sichert die Sozialisierung in der Gruppe das Überleben des „Mangelwesens Mensch“. Nicht nur in der heutigen Zeit wird Teamfähigkeit in nahezu jeder Stellenausschreibung gefordert. Auch im Steinzeitalter hätte ein einzelner Mensch kaum das Mammut allein erlegen können. Auch Fortpflanzung und sichere Aufzucht des Nachwuchses bedürfen eines sozialen Netzes. Es war für die Menschheit also zu jeder Zeit wichtig, sich zu sozialisieren und einschätzen zu können, wer Freund und wer Feind ist. Der Geruchssinn spielt hierbei, wie im vorhergehenden Abschnitt erläutert wurde, eine zentrale Rolle.

Offen bleibt die Frage, ob es die Wahrnehmung ist, die die Persönlichkeit prägt, oder ob uns unsere Persönlichkeit eine selektive Wahrnehmung vorgibt. Die Alltagserfahrung legt nahe, dass es sich um eine wechselseitige Beeinflussung handelt. Interessant wäre in diesem Zusammenhang zum Beispiel, inwiefern psychische Störungen über einen veränderten sensorischen Input therapiert werden könnten. Letztendlich zielen Therapieformen wie Musiktherapie, Aromatherapie und Akupunktur genau darauf ab.

Für die Zukunft wäre es interessant, die aufgedeckten Zusammenhänge noch näher zu untersuchen. Unsere Sinnessysteme und hier vor allem die Schmerzdetectionssysteme sind letztendlich so komplex aufgebaut und variabel beeinflussbar, dass sich eine differenzierte Betrachtung (z.B. in Bezug auf Tageszeiten, Menstruationszyklus, Wachheit und Erregungszustand) lohnen würde. Auch in Bezug auf die Persönlichkeitsvariablen existieren

vielfache, teils ergänzende teils konträre theoretische Konstrukte, sodass es spannend wäre zu untersuchen, ob auch unter Verwendung anderer Modelle und Testsysteme ähnliche Ergebnisse zu verzeichnen sind.

6 Zusammenfassung

6.1 Zusammenfassung

Wir erfahren uns selbst und unsere Umwelt, indem wir Reize wahrnehmen und verarbeiten. Hierfür stehen uns Reizverarbeitungssysteme in Form von Reizrezeptoren und Leitungsbahnen zur Verfügung, wobei viele Informationen im zentralen Nervensystem zusammenkommen. Häufig entsteht ein Sinneseindruck, der durch unsere kognitive Bewertung geprägt und moduliert wird.

Die vorliegende Studie hat das Ziel sich der Frage zu nähern, ob es Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Reizverarbeitungssystemen sowie dem Modulationssystem Persönlichkeit gibt. Gibt es Menschen, die eine besonders sensible Reizverarbeitung besitzen und für verschiedenste Reize überdurchschnittlich empfänglich sind? Besitzen solche Menschen in bestimmte Richtungen besonders ausgeprägte Persönlichkeitszüge?

Um diesen Fragen näher zu kommen, wurde darauf Wert gelegt, ein breites Spektrum an Reizverarbeitungssystemen zu erfassen. Konkret wurden sieben Schwellenwerte bestimmt: Riechschwelle, Schmeckschwelle für salzig und sauer, intranasale trigeminale Wahrnehmungsschwelle, kutane Wahrnehmungsschwelle sowie trigeminale und kutane Schmerzschwelle. Zudem wurde die Ausprägung verschiedener Persönlichkeitsmerkmale anhand des Fünffaktoren-Modells der Persönlichkeit untersucht: Neurotizismus, Extraversion, Offenheit für Erfahrungen, Soziale Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit.

Insgesamt nahmen 126 freiwillige Probanden an der Studie teil, die sich in 85 Probandinnen und 41 Probanden aufgliederten. Es handelte sich um junge, gesunde Menschen im Alter von 18 bis 52 Jahren (Mittelwert 25 Jahre, SD 5 Jahre), von denen die meisten Studienteilnehmer Studenten oder Mitarbeiter der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus waren. Nach Ausfüllen eines Anamnesebogens zur Prüfung der Studientauglichkeit wurde von allen Probanden zunächst der Persönlichkeitsfragebogen NEO-FFI beantwortet. Hierbei galt es 60 Aussagen daraufhin zu bewerten, inwieweit sie auf die eigene Persönlichkeit zutreffend waren. Für die Antworten wurden in der Auswertung jeweils Punktwerte vergeben, die die individuelle Ausprägung der oben genannten fünf Faktoren widerspiegeln. Nach Beantwortung des Persönlichkeitstests wurden in randomisierter Reihenfolge die oben genannten Schwellen gemessen. Die Riechschwelle wurde mithilfe des „Sniffin' Sticks“-Schwellentests bestimmt. Die Schmeckschwelle für die Qualitäten salzig und sauer wurde mithilfe einer speziell angefertigten Verdünnungsreihe von sogenannten Schmeckstreifen („Taste strips“) ermittelt. Am Flussolfaktometer fand eine intranasale CO₂-Applikation statt,

die der Messung der trigeminalen Wahrnehmungsschwelle und darauffolgend der trigeminalen Schmerzschwelle diente. Mithilfe kutaner Elektroden wurde die elektrische Wahrnehmungsschwelle und schließlich die elektrische Schmerzschwelle der Haut bestimmt. Die in den Messungen erhaltenen Daten wurden digitalisiert und mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet. Es wurden Korrelationsanalysen der verschiedenen Wahrnehmungsschwellen untereinander durchgeführt sowie eine mögliche Korrelation zwischen den einzelnen Schwellen und der Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale untersucht. Außerdem wurden die geschlechtsspezifischen Mittelwerte verglichen.

Es ließen sich folgende Ergebnisse ermitteln: Im Geschlechtervergleich zeigten Frauen eine signifikant sensiblere Wahrnehmung in den Bereichen Riechschwelle ($p < 0,05$), trigeminale Schmerzschwelle ($p < 0,01$) sowie sowohl bei der kutanen Sensibilitäts- als auch Schmerzschwelle ($p < 0,01$; $p < 0,05$). Alle anderen Geschlechterunterschiede, die in der Tendenz ebenfalls eine erhöhte Sensibilität des weiblichen Geschlechts abbildeten, waren nicht signifikant. Die Ausprägung der Persönlichkeitsmerkmale betreffend ergaben sich in Bezug auf die Normstichprobe keine signifikanten Unterschiede zwischen weiblichem und männlichem Geschlecht.

Die Korrelationsanalyse der Wahrnehmungsschwellen untereinander ergab zwei signifikante, korrelative Zusammenhänge: Zum einen korrelierten trigeminale Wahrnehmungsschwelle und trigeminale Schmerzschwelle ($r = 0,5$; $p < 0,01$). Eine weitere Korrelation bestand zwischen elektrischer und trigeminaler Schmerzschwelle ($r = 0,4$; $p < 0,01$). Zusammenhänge zeigten sich zudem zwischen der Schmeckschwelle „salzig“ und der elektrischen Schmerzschwelle, zwischen elektrischer Wahrnehmungs- und Schmerzschwelle sowie trigeminaler Schmerzschwelle und elektrischer Wahrnehmungsschwelle. Letztere Zusammenhänge waren jedoch nach Bonferroni-Holm-Korrektur nicht mehr signifikant.

In der Korrelationsanalyse von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeitsfaktoren konnten zwei signifikante Zusammenhänge dargestellt werden: Es bestand eine Korrelation zwischen der Riechschwelle und dem Testwert für die Persönlichkeitsdimension Verträglichkeit ($r = 0,3$; $p = 0,02$). Die zweite positive Korrelation fand sich zwischen der trigeminalen Wahrnehmungsschwelle und der Ausprägung des Persönlichkeitsmerkmals Neurotizismus ($r = 0,3$; $p = 0,05$).

Insgesamt konnten in der vorliegenden Studie keine Hinweise gefunden werden, dass es eine rundum sensible Persönlichkeit gibt. Dennoch existieren unsere Sinne offenbar nicht ganz unabhängig voneinander. Dies betrifft vor allem die verschiedenen Kanäle der Hautsensibilität und des Schmerzempfindens, die, wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, eng miteinander gekoppelt sind. Auf kognitiver Ebene ist hier wiederum die

Verbindung zur Persönlichkeitsdimension Neurotizismus zu sehen. Vereinfacht gesagt sind besonders ängstliche Menschen auch gleichzeitig empfindlicher für potentiell bedrohliche Umweltreize wie schmerzauslösende Noxen. Während dieses Ergebnis der Alltagserfahrung der meisten Menschen entspricht, ist die zweite Hauptaussage der Studie eher überraschend: Menschen, die ein gutes Riechvermögen besitzen, weisen gleichzeitig eine besonders ausgeprägte soziale Verträglichkeit auf. Bei einigem Nachdenken ist aber auch dieser Zusammenhang naheliegend. Die evolutionäre Bedeutung des Riechvermögens für die soziale Interaktion von Säugetieren ist immens. Es spielt bei der Unterscheidung zwischen Feind und Freund eine entscheidende Rolle. Noch zentraler sind Geruchsstoffe als Lockstoffe bei der Partnerwahl. Die vorliegende Studie kann den Zusammenhang zwischen Riechvermögen und Sozialverhalten nun auch beim Menschen nachweisen.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse wäre es interessant, die gezeigten Zusammenhänge näher zu untersuchen. Zum einen könnte die Rolle des Riechvermögens im sozialen Umgang weiter untersucht werden. Hier wäre zum Beispiel von Interesse, ob Personen mit Riechverlust möglicherweise eine Einschränkung sozialer Interaktion erleiden. Auf dem Gebiet der Schwellenuntersuchungen könnte man die Reihe der schmerzauslösenden Noxen erweitern. Außerdem könnte man versuchen, die subjektive Schmerzäußerung in Form von der Messung physiologischer Veränderungen bei Schmerzen zu objektivieren (z.B. durch Messung der Hautleitfähigkeit). Interessant wäre, ob auch dann noch Zusammenhänge zur Ängstlichkeit bestehen. Auch für die Beschreibung von Persönlichkeit stehen noch eine Reihe anderer Messinstrumente zur Verfügung, die man ebenfalls zu den Reizschwellen in Beziehung setzen könnte. Die Ergebnisse solcher Studien könnten als Grundlage dienen, die moderne Schmerztherapie noch mehr auf das Individuum abzustimmen, um beispielsweise die Chronifizierung von Schmerzen zu vermindern.

6.2 Summary

The interaction between individuals and their environment is essential. The key to this interaction lies in the perception and processing of information, so-called stimuli. For this purpose we are endowed with receptors and processing systems which may converge in the central nervous system to be modified and shaped by cognition.

The aim of the present study was to assess the question if there is any connection between the perception and processing of various stimuli and certain personality traits. Is there some kind of sensitive person who is more receptive to whatever stimulus than others? Would this

person develop special character traits or does a certain pattern of character traits lead to an increased sensitivity?

In order to assess the previous questions it was necessary to include a broad array of various stimuli and processing systems. Specifically seven different sensory thresholds were tested: olfactory threshold, gustatory threshold (salty taste and sour taste), intranasal trigeminal threshold, cutaneous threshold as well as two pain thresholds (intranasal trigeminal and cutaneous). Moreover five character traits were evaluated using the so-called Big Five Model of Personality. These traits include neuroticism, extraversion, openness, conscientiousness and agreeableness.

All in all 126 voluntary subjects participated in the study, 85 women and 41 men. Subjects were healthy, their age ranging from 18 to 52 years (mean age 25 years, ± 5 years). Most of the subjects were employees or medical students of the University Hospital Carl Gustav Carus Dresden. First of all every subject filled in a questionnaire about their medical history to ascertain their suitability for the study. Afterwards subjects were asked to answer the NEO-FFI, the German version of the NEO-PI questionnaire (NEO-personality inventory), to assess the individual manifestation of the Big Five personality traits. For this subjects had to evaluate 60 statements regarding to which extent they matched with their own personality. Their answers were transformed to a score. Subjects then underwent threshold testing with tests being applied in a randomized order. The olfactory threshold was assessed by using the Sniffin' Sticks test kit. Measuring the gustatory threshold a special serial dilution of "taste strips" was administered using sour and salty taste. For the assessment of the intranasal trigeminal detection threshold and pain threshold we used an olfactometer. Cutaneous detection thresholds and pain thresholds were administered by electric stimulation provided by a computer based device. The data was digitized and analyzed using the statistics program SPSS. Threshold data and personality traits were submitted to correlation analysis. Moreover the data were analyzed for gender-related differences.

The present study led to the following results: Comparing male and female subjects women showed a significantly higher sensitivity concerning olfactory threshold ($p < 0.05$), trigeminal pain threshold ($p < 0.01$), as well as cutaneous detection threshold and cutaneous pain threshold ($p < 0.01$; $p < 0.05$). Regarding the other thresholds women also tended to be more sensitive than men but results did not reach the level of significance. Concerning character traits no significant differences were found between both genders.

Correlation analysis performed on sensory thresholds revealed two significant results: **First:** we found a significant correlation between trigeminal sensory threshold and trigeminal pain threshold ($r = 0.5$; $p < 0.01$). **Second:** cutaneous and trigeminal pain threshold were

significantly correlated ($r = 0.4$; $p < 0.01$). Other correlations were found between gustatory threshold (salty taste) and cutaneous pain threshold, between cutaneous sensory threshold and pain threshold as well as between trigeminal pain threshold and cutaneous sensory threshold. Latter correlations were significant at first but lost significance after Bonferroni-Holm corrections for multiple comparisons were applied.

Concerning sensory thresholds and personality traits further correlations were discovered: There was a significant relation between olfactory threshold and the personality trait agreeableness ($r = 0.3$; $p = 0.02$). A second positive correlation was found between trigeminal sensory threshold and the personality trait neuroticism ($r = 0.3$; $p = 0.05$).

All in all we could not find evidence for the existence of an all-over sensitive personality. Nonetheless our senses do not act independently altogether. This is especially applicable for different channels of cutaneous and mucosal sensitivity as well as for different ways of pain perception which are closely linked. On a cognitive level a connection of pain perception and neuroticism became evident. In other words people who are easily frightened have a higher susceptibility to potentially dangerous stimuli. This result corresponds to the daily life experience of most people. In contrast the second main thesis of the study is rather surprising: People who possess a well-trained olfactory sensitivity are also equipped with extended capabilities in social interaction. Thinking about it this connection is not farfetched either. The olfactory sense is of high evolutionary meaning for it plays an important role in the social interaction of mammals. For example it can provide the means to differentiate between friend and foe.

Given the stated results it would be interesting to take a closer look. First of all one could specify the role of olfaction in social interaction. Does anosmia for instance lead to a restriction of social capabilities? Concerning different sensory thresholds one could extend the variety of painful stimuli to find out if there exists an overall sensitivity to pain. Furthermore there are many other models to characterize personality which could be interrelated to sensory thresholds as well. The results could be used for instance to individualize modern pain management, for example, in order to prevent the chronification of pain.

7 Literaturverzeichnis

- Ahadi B, Basharpour S (2010) Relationship Between Sensory Processing Sensitivity, Personality Dimensions and Mental Health. *J Appl Sci* 10(7):570-574
- Alabas OA, Tashani OA, Johnson MI (2012) Gender role expectations of pain mediate sex differences in cold pain responses in healthy Libyans. *Eur J Pain* 16(2):300–311
- Anderson AK, Christoff K, Stappen I, Panitz D, Ghahremani DG, Glover G, Gabrieli JD, Sobel N (2003) Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. *Nat Neurosci* 6(2):196–202
- Anton F, Peppel P (1991) Central projections of trigeminal primary afferents innervating the nasal mucosa: a horseradish peroxidase study in the rat. *Neuroscience* 41(2-3):617–628
- Apkarian AV, Bushnell MC, Treede RD, Zubieta JK (2005) Human brain mechanisms of pain perception and regulation in health and disease. *Eur J Pain* 9(4):463–484
- Aron EN, Aron A (1997) Sensory-processing sensitivity and its relation to introversion and emotionality. *J Pers Soc Psychol* 73(2):345–368
- Atanasova B, Graux J, El Hage W, Hommet C, Camus V, Belzung C (2008) Olfaction: a potential cognitive marker of psychiatric disorders. *Neurosci Biobehav Rev* 32(7):1315–1325
- Barrick M, Mount M (1991) The big five personality dimensions and job performance: A meta-analysis. *Pers Psychol* 44:1–26
- Bastien-Dionne PO, David LS, Parent A, Saghatelian A (2010) Role of sensory activity on chemospecific populations of interneurons in the adult olfactory bulb. *J Comp Neurol* 518(10):1847–1861
- BBC News (2006). Mice star as Olympic food tasters. [Aktualisiert am:16.11.2006, Aufruf am: 07.04.2013] URL: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/6153382.stm>
- Beidler LM, Smallman RL (1965) Renewal of cells within taste buds. *J Cell Biol* 27(2):263–272
- Bekaert KM, Tuytens FA, Duchateau L, Brabander HF, De Aluwé M, Millet S, Vandendriessche F, Vanhaecke L (2011) The sensitivity of Flemish citizens to androstenone: influence of gender, age, location and smoking habits. *Meat Sci* 88(3):548–552

- Bernardes SF, Keogh E, Lima ML (2008) Bridging the gap between pain and gender research: a selective literature review. *Eur J Pain* 12(4):427–440
- Borkenau P, Ostendorf F (1989) Descriptive consistency and social desirability in self- and peer reports. *Eur J Personality* 3:31-45
- Borkenau P, Ostendorf F (2008) NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae: (NEO-FFI); Manual. 2. Aufl. Hogrefe, Göttingen
- Cain WS, Murphy CL (1980) Interaction between chemoreceptive modalities of odour and irritation. *Nature* 284(5753):255–257
- Calignano A, La Rana G, Giuffrida A, Piomelli D (1998) Control of pain initiation by endogenous cannabinoids. *Nature* 394(6690):277–281
- Cesa R, Mackie K, Beltramo M, Franzoni MF (2001) Cannabinoid receptor CB1-like and glutamic acid decarboxylase-like immunoreactivities in the brain of *Xenopus laevis*. *Cell Tissue Res* 306(3):391–398
- Chikenji T, Berger RA, Fujimiya M, Suzuki D, Tsubota S, An KN (2011) Distribution of nerve endings in human distal interphalangeal joint and surrounding structures. *J Hand Surg Am* 36(3):406–412
- Chopra A, Baur A, Hummel T (2008) Thresholds and chemosensory event-related potentials to malodors before, during, and after puberty: differences related to sex and age. *Neuroimage* 40(3):1257–1263
- Chu S, Downes JJ (2002) Proust nose best: odors are better cues of autobiographical memory. *Mem Cognit* 30(4):511–518
- Costa PT, McCrae RR (1992) Revised NEO Personality Inventory (NEO PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI). Psychological Assessment Resources, Odessa, Florida
- Croy I, Lange K, Krone F, Negoias S, Seo HS, Hummel T (2009) Comparison between odor thresholds for phenyl ethyl alcohol and butanol. *Chem Senses* 34(6):523–527
- Cummings DM, Belluscio L (2010) Continuous neural plasticity in the olfactory intrabulbar circuitry. *J Neurosci* 30(27):9172–9180

Deval E, Gasull X, Noël J, Salinas M, Baron A, Diochot S, Lingueglia E (2010) Acid-sensing ion channels (ASICs): pharmacology and implication in pain. *Pharmacol Ther* 128(3):549–558

Doty RL, Brugger WE, Jurs PC, Orndorff MA, Snyder P, Lowry LD (1978) Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans. *Physiol Behav* 20(2):175–185

Doty RL, Marcus A, Lee WW (1996) Development of the 12-item Cross-Cultural Smell Identification Test (CC-SIT). *Laryngoscope* 106(3 Pt 1):353–356

Doty RL (2003) *Handbook of olfaction and gustation*. 2. Aufl. Marcel Dekker, New York

Erden V, Basaranoglu G, Korkut Y, Delatioglu H, Yangin Z, Kiroglu S (2007) Relation between bitter taste sensitivity and incidence or intensity of propofol injection pain. *Eur J Anaesthesiol* 24(6):516–520

Fillingim RB, King CD, Ribeiro-Dasilva MC, Rahim-Williams B, Riley JL (2009) Sex, gender, and pain: a review of recent clinical and experimental findings. *J Pain* 10(5):447–485

Fradette J, Godbout MJ, Michel M, Germain L (1995) Localization of Merkel cells at hairless and hairy human skin sites using keratin 18. *Biochem Cell Biol* 73(9-10):635–639

Gaumont I, Spooner MF, Marchand S (2007) Sex differences in opioid-mediated pain inhibitory mechanisms during the interphase in the formalin test. *Neuroscience* 146(1):366–374

Goldberg LR (1990) An alternative "description of personality": the big-five factor structure. *J Pers Soc Psychol* 59(6):1216–1229

Goldberg YP, MacFarlane J, MacDonald ML, Thompson J, Dube MP, Mattice M, Fraser R, Young C, Hossain S, Pape T, Payne B, Radomski C, Donaldson G, Ives E, Cox J, Youngusband HB, Green R, Duff A, Boltshauser E, Grinspan GA, Dimon JH, Sibley BG, Andria G, Toscano E, Kerdraon J, Bowsher D, Pimstone SN, Samuels ME, Sherrington R, Hayden MR (2007) Loss-of-function mutations in the Nav1.7 gene underlie congenital indifference to pain in multiple human populations. *Clin Genet* 71(4):S. 311–319

Gottfried JA (2006) Smell: central nervous processing. *Adv Otorhinolaryngol* 63:44–69

Gudziol H, Förster G (2002) Zur Durchführung präoperativer Riechtests aus medicolegaler Sicht. *Laryngorhinootologie* 81(8):586–590

Gudziol V, Wolff-Stephan S, Aschenbrenner K, Joraschky P, Hummel T (2009) Depression resulting from olfactory dysfunction is associated with reduced sexual appetite--a cross-sectional cohort study. *J Sex Med* 6(7):1924–1929

Halata Z (1993) Sensory innervation of the hairy skin (light- and electronmicroscopic study). *J Invest Dermatol* 101(1 Suppl):75S-81S

Hatt H (2004) Molecular and cellular basis of human olfaction. *Chem Biodivers* 1(12):1857–1869

Henkin RI, Gill JR, Bartter FC (1963) Studies on taste thresholds in normal man and in patients with adrenal cortical insufficiency: the role of adrenal cortical steroids and of serum, sodium concentration. *J Clin Invest* 42(5):727–735

Herz RS, Schooler JW (2002) A naturalistic study of autobiographical memories evoked by olfactory and visual cues: testing the Proustian hypothesis. *Am J Psychol* 115:21–32

Holm S (1979) A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scand J Stat* 6(2):65–70

Hornung DE, Kurtz DB, Bradshaw CB, Seipel DM, Kent PF, Blair DC, Emko P (1998) The olfactory loss that accompanies an HIV infection. *Physiol Behav* 64(4):549–556

Hummel T (2000) Assessment of intranasal trigeminal function. *Int J Psychophysiol* 36(2):147–155

Hummel T, Iannilli E, Frasnelli J, Boyle J, Gerber J (2009) Central processing of trigeminal activation in humans. *Ann NY Acad Sci* 1170:190–195

Hummel T, Klimek L, Welge-Lüssen A, Wolfensberger G, Gudziol H, Renner B, Kobal G (2000) Chemosensorisch evozierte Potentiale zur klinischen Diagnostik von Riechstörungen. *HNO* 48(6):481–485

Hummel T, Kobal G, Gudziol H, Mackay-Sim A (2007) Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 264(3):237–243

Hummel T, Konnerth CG, Rosenheim K, Kobal G (2001) Screening of olfactory function with a four-minute odor identification test: reliability, normative data, and investigations in patients with olfactory loss. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 110(10):976–981

Hummel T, Mohammadian P, Marchl R, Kobal G, Lötsch J (2003) Pain in the trigeminal system: irritation of the nasal mucosa using short- and long-lasting stimuli. *Int J Psychophysiol* 47(2):147–158

Hummel T, Oehme L, van den Hoff J, Gerber J, Heinke M, Boyle JA, Beuthien-Baumann B (2009) PET-based investigation of cerebral activation following intranasal trigeminal stimulation. *Hum Brain Mapp* 30(4):1100–1104

Hummel T, Welge-Lüssen A (2009) *Riech- und Schmeckstörungen: Physiologie, Pathophysiologie und therapeutische Ansätze*. Thieme, Stuttgart

International Association for the Study of Pain (1979) Pain terms: a list with definitions and notes on usage. *Pain* 6(3):249-252

Jacquot L, Hidalgo J, Brand G (2010) Just noticeable difference in olfaction is related to trigeminal component of odorants. *Rhinology* 48(3):281–284

Jagiellowicz J, Xu X, Aron A, Aron E, Cao G, Feng T, Weng X (2011) The trait of sensory processing sensitivity and neural responses to changes in visual scenes. *Soc Cogn Affect Neurosci* 6:38–47

Janal MN, Glusman M, Kuhl JP, Clark WC (1994) On the absence of correlation between responses to noxious heat, cold, electrical and ischemic stimulation. *Pain* 58(3):403–411

Jones NG, Slater R, Cadiou H, McNaughton P, McMahon SB (2004) Acid-induced pain and its modulation in humans. *J Neurosci* 24(48):10974–10979

Julius D, Basbaum AI (2001) Molecular mechanisms of nociception. *Nature* 413(6852):203–210

Keh SM, Facer P, Yehia A, Sandhu G, Saleh HA, Anand P (2011) The menthol and cold sensation receptor TRPM8 in normal human nasal mucosa and rhinitis. *Rhinology* 49(4):453–457

- Kikuchi S, Ninomiya T, Kawamata T, Ogasawara N, Kojima T, Tachi N, Tatsumi H (2010) The acid-sensing ion channel 2 (ASIC2) of ciliated cells in the developing rat nasal septum. *Arch Histol Cytol* 73(2):81–89
- Kindler LL, Valencia C, Fillingim RB, George SZ (2011) Sex differences in experimental and clinical pain sensitivity for patients with shoulder pain. *Eur J Pain* 15(2):118–123
- Kleemann AM, Albrecht J, Schöpf V, Haegler K, Kopietz R, Hempel JM, Linn J, Flanagan VL, Fesl G, Wiesmann M (2009) Trigeminal perception is necessary to localize odors. *Physiol Behav* 97(3-4):401–405
- Kobal G (1985) Pain-related electrical potentials of the human nasal mucosa elicited by chemical stimulation. *Pain* 22(2):151–163
- Kobal G, Hummel T (1998) Olfactory and intranasal trigeminal event-related potentials in anosmic patients. *Laryngoscope* 108(7):1033–1035
- Kobal G (1981) *Elektrophysiologische Untersuchungen des menschlichen Geruchssinns*. Thieme, Stuttgart
- Koelega HS (1970) Extraversion, sex, arousal and olfactory sensitivity. *Acta Psychol* 34:51–66
- Komiyama O, Wang K, Svensson P, Arendt-Nielsen L, Laat A (2006) Correlation and cluster analysis of sensory, pain, and reflex thresholds to various stimulus modalities in symptom-free subjects. *Clin Neurophysiol* 117(9):2016–2022
- Landis BN, Hummel T, Hugentobler M, Giger R, Lacroix JS (2003) Ratings of overall olfactory function. *Chem Senses* 28(8):691–694
- Landis BN, Welge-Lüssen A, Brämerson A, Bende M, Mueller CA, Nordin S, Hummel T (2009) "Taste Strips" - a rapid, lateralized, gustatory bedside identification test based on impregnated filter papers. *J Neurol* 256:242–248
- Lautenbacher S, Rollman GB, McCain GA (1994) Multi-method assessment of experimental and clinical pain in patients with fibromyalgia. *Pain* 59:45–53
- Loranca A, Salas M (2001) Social play development in pre-weaning olfactory deprived or stimulated rats. *Brain Res* 921(1-2):150–159

Lötsch J, Reichmann H, Hummel T (2008) Different odor tests contribute differently to the evaluation of olfactory loss. *Chem Senses* 33:17–21

Malinovský L (1990) A contribution to the nomenclature of peripheral sensory structures (sensory nerve endings). *Z Mikrosk Anat Forsch* 104:170–176

McCrae RR, Costa PT, Ostendorf F, Angleitner A, Hrebícková M, Avia MD, Sanz J, Sánchez-Bernardos ML, Kusdil ME, Woodfield R, Saunders PR, Smith PB (2000) Nature over nurture: temperament, personality, and life span development. *J Pers Soc Psychol* 78:173–186

McCrae RR, Costa PT (2003) *Personality in adulthood: A five-factor theory perspective*. 2. Aufl. Guilford Press, New York

Moll I (2005) *Dermatologie*. 6. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart

Mori K (2003) Grouping of odorant receptors: odour maps in the mammalian olfactory bulb. *Biochem Soc Trans* 31(Pt 1):134–136

Mori Y, Takada N, Okada T, Wakamori M, Imoto K, Wanifuchi H, Oka H, Oba A, Ikenaka K, Kurosaki T (1998) Differential distribution of TRP Ca²⁺ channel isoforms in mouse brain. *Neuroreport* 9(3):507–515

Mueller C, Kallert S, Renner B, Stiassny K, Temmel AF, Hummel T, Kobal G (2003) Quantitative assessment of gustatory function in a clinical context using impregnated "taste strips". *Rhinology* 41:2–6

Nakamura E (2011) One hundred years since the discovery of the "umami" taste from seaweed broth by Kikunae Ikeda, who transcended his time. *Chem Asian J* 6(7):1659–1663

Neddermeyer TJ, Flühr K, Lötsch J (2008) Principle components analysis of pain thresholds to thermal, electrical, and mechanical stimuli suggests a predominant common source of variance. *Pain* 138(2):286–291

Niimura Y, Nei M (2003) Evolution of olfactory receptor genes in the human genome. *Proc Natl Acad Sci U S A* 100(21):12235–12240

Nilsen KB, Nicholas AK, Woods CG, Mellgren SI, Nebuchennykh M, Aasly J (2009) Two novel SCN9A mutations causing insensitivity to pain. *Pain* 143(1-2):155–158

Paine P, Kishor J, Worthen SF, Gregory LJ, Aziz Q (2009) Exploring relationships for visceral and somatic pain with autonomic control and personality. *Pain* 144(3):236–244

Palmeira CC, Ashmawi HA, Posso IP (2011) Sex and pain perception and analgesia. *Rev Bras Anesthesiol* 61(6):814–828

Patapoutian A, Tate S, Woolf CJ (2009) Transient receptor potential channels: targeting pain at the source. *Nat Rev Drug Discov* 8:55–68

Pauls CA, Crost NW (2005) Cognitive Ability and Self-Reported Efficacy of Self-Presentation Predict Faking on Personality Measures. *J Individ Diff* 26(4):194–206

Price DD (1994) Psychophysical Measurement of Normal and Abnormal Pain Processing. In: Boivie J, Hansson P, Lindblom U (Hrsg.) *Touch, temperature, and pain in health and disease: Mechanisms and assessments*. IASP Press, Seattle, S. 3–25

Sanikop S, Agrawal P, Patil S (2011) Relationship between dental anxiety and pain perception during scaling. *J Oral Sci* 53(3):341–348

Schmidt RF, Schaible HG (2006) *Neuro-und Sinnesphysiologie*. Springer, Berlin

Schmidt RF (2007) *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie*. 30. Aufl. Springer, Heidelberg

Shiomi K (1978) Relations of pain threshold and pain tolerance in cold water with scores on Maudsley Personality Inventory and Manifest Anxiety Scale. *Percept Mot Skills* 47(3 Pt 2):1155–1158

Smolewska K (2006) A psychometric evaluation of the highly sensitive person scale: The components of sensory-processing sensitivity and their relation to the BIS/BAS and "Big Five". University of Waterloo, Waterloo, Ontario

Soter A, Kim J, Jackman A, Tourbier I, Kaul A, Doty RL (2008) Accuracy of self-report in detecting taste dysfunction. *Laryngoscope* 118(4):611–617

Stening K, Eriksson O, Wahren L, Berg G, Hammar M, Blomqvist A (2007) Pain sensations to the cold pressor test in normally menstruating women: comparison with men and relation to menstrual phase and serum sex steroid levels. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 293(4):R1711-6

Taylor AM (2008) The validity of personality trait interactions for the prediction of managerial job performance. University of South Florida, Tampa, Florida

Thomas-Danguin T, Rouby C, Sicard G, Vigouroux M, Farget V, Johanson A, Bengtson A, Hall G, Ormel W, Graaf C, Rousseau F, Dumont JP (2003) Development of the ETOC: a European test of olfactory capabilities. *Rhinology* 41(3):142–151

Tucker RM, Mattes RD (2012) Are free Fatty acids effective taste stimuli in humans?: presented at the symposium "the taste for fat: new discoveries on the role of fat in sensory perception, metabolism, sensory pleasure and beyond" held at the institute of food technologists 2011 annual meeting, New Orleans, LA, June 12, 2011. *J Food Sci* 77(3):148-51

Turetsky BI, Moberg PJ (2009) An odor-specific threshold deficit implicates abnormal intracellular cyclic AMP signaling in schizophrenia. *Am J Psychiatry* 166(2):226–233

Welge-Lüssen A (2009) Ageing, neurodegeneration, and olfactory and gustatory loss. *B-ENT* 5 (Suppl 13):129–132

World Medical Association (2008) Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. [Aktualisiert: 2008, Aufruf am: 07.04.2013] URL: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/>

Yousem DM, Maldjian JA, Siddiqi F, Hummel T, Alsop DC, Geckle RJ, Bilker WB, Doty RL (1999) Gender effects on odor-stimulated functional magnetic resonance imaging. *Brain Res* 818(2):480–487

Zernecke R, Vollmer B, Albrecht J, Kleemann AM, Haegler K, Linn J, Fesl G, Bruckmann H, Wiesmann M (2010) Comparison of two different odorants in an olfactory detection threshold test of the Sniffin' Sticks. *Rhinology* 48(3):368–373

Zverev Y, Mipando M (2008) Extraversion and taste sensitivity. *Coll Antropol* 32:21–25

8 Darstellungsverzeichnis

8.1 Abbildungen

Sämtliche Abbildungen und Fotos wurden von der Autorin selbst erstellt.

Abbildung 1 - Aufbau der Riechschleimhaut	13
Abbildung 2 - Riechbahn.	14
Abbildung 3 - Zentrale Projektionsareale der Riechbahn.	15
Abbildung 4 - Gliederung und Verlauf des Nervus trigeminus.....	18
Abbildung 5 - Trigeminales Rezeptororgan.....	19
Abbildung 6 - Zentrale Projektion des trigeminalen Systems	21
Abbildung 7 - Olfaktometer	22
Abbildung 8 - Geschmacksknospe	24
Abbildung 9 - Nervenbahnen der Geschmacksinformation	25
Abbildung 10 - Zentraler Verlauf der Geschmacksbahn und Projektionsareale.	26
Abbildung 11 - Sinnesorgan Haut.....	29
Abbildung 12 - Sensible Leitungsbahnen	30
Abbildung 13 - Somatosensibler Cortex	31
Abbildung 14 - Sniffin' Sticks-Testkit.....	41
Abbildung 15 - Riechtestung.....	42
Abbildung 16 - Beispieltabelle Schwellenbestimmung	43
Abbildung 17 - Taste Strip	45
Abbildung 18 - Schmecktestung	45

Abbildung 19 - Olfaktometrische Messung.	47
Abbildung 20 - Elektrodenset der kutanen Sensibilitätsmessung.	48
Abbildung 21 - Elektrische Schwellenbestimmung.	49
Abbildung 22 - Selbsteinschätzung Riechvermögen.	52
Abbildung 23 - Selbsteinschätzung Schmeckvermögen.	53
Abbildung 24 - Selbsteinschätzung Schmerzempfinden.	53
Abbildung 25 - Trigeminale Schmerzschwelle - Geschlechtsunterschied.	59
Abbildung 26 - Kutane Wahrnehmungsschwelle - Geschlechtsunterschied.	59
Abbildung 27 - Kutane Schmerzschwelle - Geschlechtsunterschied.	60
Abbildung 28 - Riechschwelle - Geschlechtsunterschied.	60
Abbildung 29 - Korrelation von trigeminaler Sensibilitäts- und Schmerzschwelle.	66
Abbildung 30 - Korrelation von trigeminaler und kutaner Schmerzschwelle.	67
Abbildung 31 - Korrelation von Riechschwelle und Verträglichkeit.	68
Abbildung 32 - Korrelation von trigeminaler Schmerzschwelle und Neurotizismus.	68

8.2 Tabellen

Tabelle 1 - Itembeispiele NEO-FFI.	36
Tabelle 2 - Demografische Probandendaten.	37
Tabelle 3 - Darstellung der gültigen Datensätze.	39
Tabelle 4 - Schwellenmessungen deskriptiv.	56
Tabelle 5 - Geschlechtsunterschiede der Schwellenmessungen deskriptiv.	58
Tabelle 6 - Persönlichkeitsdimensionen deskriptiv.	62

Tabelle 7 - Geschlechtsunterschiede der Persönlichkeitsdimensionen - Testwerte	63
Tabelle 8 - Geschlechtsunterschiede Persönlichkeitsdimensionen - T-Werte	63
Tabelle 9 - Korrelation der Wahrnehmungsschwellen.....	65
Tabelle 10 - Korrelation von Wahrnehmungsschwellen und Persönlichkeit	69
Tabelle 11 - Levene-Test und t-Test der Mittelwertgleichheit.....	102

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Signifikanz (zweiseitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
Varianzen									Untere	Obere
Schwelle salzig	gleich	1,66	0,20	-1,70	124	0,092 [!]	-0,76	0,45	-1,65	0,13
	nicht gleich			-1,66	74,45	0,102	-0,76	0,46	-1,68	0,16
Schwelle sauer	gleich	0,63	0,43	0,93	124	0,352 [!]	0,29	0,31	-0,32	0,90
	nicht gleich			0,92	75,94	0,361	0,29	0,31	-0,34	0,91
Schwelle CO ₂	gleich	0,18	0,68	1,74	104	0,084 [!]	2,90	1,66	-0,40	6,19
	nicht gleich			1,67	60,63	0,100	2,90	1,73	-0,57	6,37
Schmerz CO ₂	gleich	0,02	0,89	2,80	104	0,006 ^{!*}	8,64	3,09	2,52	14,76
	nicht gleich			2,86	71,63	0,006	8,64	3,02	2,62	14,67
Schwelle elektrisch	gleich	0,14	0,71	2,96	121	0,004 ^{!*}	0,10	0,03	0,03	0,16
	nicht gleich			2,92	71,48	0,005	0,10	0,03	0,03	0,16
Schmerz elektrisch	gleich	27,86 [#]	0,00	3,11	121	0,002	2,41	0,78	0,88	3,95
	nicht gleich			2,57	49,92	0,013 ^{!*}	2,41	0,94	0,53	4,30
Riechschwelle	gleich	4,25 [#]	0,04	-2,24	124	0,027	-0,85	0,38	-1,60	-0,10
	nicht gleich			-2,05	63,84	0,045 ^{!*}	-0,85	0,42	-1,68	-0,02

Tabelle 11 - In der Tabelle finden sich die Werte für den Levene-Test sowie für den T-Test der Mittelwertgleichheit. Die nach Durchführung des Levene-Tests nicht gleichen Varianzen F sind mit einem #-Zeichen versehen. Die daraus folgend gültigen zweiseitigen Signifikanzen sind mit einem ! gekennzeichnet. Signifikante Geschlechtsunterschiede sind zusätzlich mit einem * versehen.