

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
Direktor: Herr Prof. Dr. med. Th. Zahnert

**Der Einfluss von Riechtraining
auf das Riechvermögen
von Senioren**

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
Doktor medicinae (Dr. med.)
vorgelegt der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus
der Technischen Universität Dresden

von

Sarah Lehmann

aus Altdöbern

Dresden 2012

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung:

gez.: _____

Vorsitzender der Promotionskommission

Für meine Eltern.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung	1
2 Grundlagen der Anatomie und Physiologie.....	3
2.1 Anatomie	3
2.1.1 Äußere Nase	3
2.1.2 Innere Nase.....	4
2.1.3 Regio olfactoria	4
2.1.4 Regeneration der Riechzellen	5
2.2 Physiologie	6
3 Untersuchung des Riechvermögens.....	8
3.1 Psychophysische Riechtests.....	8
3.2 Objektivierende Riechtests	9
4 Riechen im Alter	10
4.1 Ursachen des Riechverlusts im Alter.....	10
4.2 Folgen des Riechverlusts.....	11
5 Studiendesign und -durchführung.....	14
5.1 Studiendesign:.....	14
5.2 Mini-Mental-Status-Test (MMST)	15
5.3 Sniffin' Sticks	16
5.3.1 Schwellentest.....	16
5.3.2 Identifikationstest.....	19
5.3.3 Geschlechtsspezifische Normwerte für Schwelle und Identifikation	20
5.4 Riechproben	20
5.5 Befindlichkeitsskala nach Zerssen	22
6 Datenanalyse	23
6.1 Statistische Berechnung	23
6.2 Probanden	23

6.3 Ausgangssituation.....	24
6.4 Untersuchung des Trainingseffektes.....	25
6.5 Geschlechtsspezifische Betrachtung.....	28
6.5.1 Geschlechtsbezogene Betrachtung der Ausgangssituation	28
6.5.2 Männliche Probanden.....	29
6.5.3 Weibliche Probanden	30
6.6 Subgruppen	33
6.7 Befindlichkeit.....	34
7 Diskussion.....	35
7.1 Sensitivitätssteigerung durch Exposition in der Literatur	35
7.2 Einschränkungen möglicher Trainingsversuche	36
7.3 Mögliche Mechanismen der Sensitivitätssteigerung	37
7.4 Diskussion der vorliegenden Studienergebnisse	38
7.4.1 Subjektive Bewertung des Riechvermögens.....	38
7.4.2 Untersuchung des Trainingseffekts	39
7.4.3 Geschlechtsspezifische Betrachtungen	40
7.4.4 Subgruppen.....	41
7.4.5 Befindlichkeit	42
7.4.6 Faktoren, die das Ergebnis beeinflusst haben könnten.....	42
8 Fazit	44
Zusammenfassung.....	IV
Abstract.....	V
Literaturverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis.....	XV
Tabellenverzeichnis.....	XVI
Anhang.....	XVII
A Probandeninformation	XVII
B Einverständniserklärung Probanden.....	XIX
C Anamnesebogen	XX
D Erklärungen zur Eröffnung des Promotionsverfahrens	XXIII

E Erklärung über die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben im Rahmen der Dissertation...XXIV
Thesen XXV

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BDI	Beck-Depressions-Inventar
bzw.	beziehungsweise
cAMP	engl. cyclic adenosine monophosphate = zyklisches Adenosinmonophosphat
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
EEG	Elektroenzephalogramm
et al.	et alii
etc.	et cetera
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
HNO	Hals-Nasen-Ohren
I	Identifikation
MHC	Major Histocompatibility Complex
ml	Milliliter
MMST	Mini-Mental-Status-Test
mod. n.	modifiziert nach
MRT	Magnetresonanztomographie
OE	olfaktorisches Epithel
OR	olfaktorischer Rezeptor
ORN	olfaktorisches Rezeptorneuron
PEA	Phenylethylalkohol
S	Schwelle
SD	eng. standard deviation =Standardabweichung
SI	Summe aus Schwelle und Identifikation
subj.	subjektiv
Tab.	Tabelle
UPSIT	University of Pennsylvania Smell Identification Test
usw.	und so weiter
z.B.	zum Beispiel
ZNS	zentrales Nervensystem

1 Einleitung

„Das Parfum. Die Geschichte eines Mörders“ ist ein 1985 von Patrick Süskind verfasstes Stück Weltliteratur.

In seinem Werk erzählt der Autor die Geschichte des Jean-Baptiste Grenouille, der mit einem stark ausgeprägten Geruchssinn auf die Welt kommt und Millionen für normale Menschen nicht wahrnehmbare Gerüche erkennen kann. Doch Grenouilles Leben hat auch eine Schattenseite. Er selbst hat keinen eigenen Geruch. Schon in seinen frühesten Kindertagen erfährt er dadurch soziale Ausgrenzung und diese zieht sich wie ein roter Faden durch sein gesamtes Leben. Seine Mitmenschen halten sich von Grenouille fern, denn aufgrund seines fehlenden Geruchs ist er für sie schlicht unsichtbar.

Isoliert vom gesellschaftlichen Leben beschließt Grenouille, ein Parfum für sich zu kreieren, das ihm den Duft eines normalen Menschen verleiht. Dieses Vorhaben gelingt ihm und schon erfährt er Akzeptanz von seinen Mitmenschen.

Gierig nach mehr als nur Beachtung und getrieben von dem Wunsch, den süßesten Duft, den er je gerochen hat, den einer rothaarigen Jungfrau, zu konservieren, wird Grenouille im Verlauf der Handlung zum Mörder. Sein neues, aus dem Duft der getöteten Mädchen geschaffenes Parfum bringt ihm Macht und Anerkennung, doch bald schon erkennt Grenouille, dass sein neuer Geruch ihm nur einen Deckmantel verleihen kann, unter dem er weiterhin die persönlichkeitslose Kreatur bleibt: „Und mochte er auch vor der Welt durch sein Parfum erscheinen als ein Gott – wenn er sich selbst nicht riechen konnte und deshalb niemals wüßte, wer er sei, so piff er drauf, auf die Welt, auf sich selbst, auf sein Parfum.“ (Süskind 1994). Enttäuscht von der Erkenntnis, ohne Eigengeruch keine persönliche Note zu haben, setzt Grenouille seinem Leben ein Ende. (Süskind 1994)

Patrick Süskind gewährt mit seinem Roman einen Einblick in die emotionale Bedeutung von Gerüchen und Düften und macht auch den Stellenwert des eigenen Geruchs und des Geruchssinns an sich deutlich. Er beschreibt soziale Isolation und Ausgrenzung eines Menschen ohne Körpergeruch und zeigt damit, von welcher Wichtigkeit Gerüche für unser alltägliches Leben sind.

Schon kurz nach der Geburt spielt der körpereigene Geruch eine große Rolle für die Bindung zwischen Mutter und Kind. So konnten Mütter innerhalb weniger Tage nach der Geburt ihre Kinder allein anhand des Geruchs von einem fremden Neugeborenen unterscheiden. (Porter et al. 1983)

Der von Süskinds Figur Grenouille so begehrte Eigengeruch ist bei jedem Menschen genetisch determiniert. Gekoppelt an die Gene der Haupthistokompatibilitätskomplexe MHC,

die entscheidende Proteine für die Selbst-Fremd-Erkennung unseres Immunsystems kodieren, ist er bei jedem Menschen anders. Die einzige Ausnahme sollen eineiige Zwillinge darstellen, die sich in ihrem eigenen Körpergeruch nicht unterscheiden, da sie dieselbe genetische Basis haben. Je unterschiedlicher die MHC-Gene, umso verschiedener sind auch der Eigengeruch und ebenso die Präferenz für verschiedene Düfte. Bei der Partnerwahl bevorzugt man Menschen, die einen anderen Geruch haben als man selbst. Sie haben wahrscheinlich MHC-Komplexe, die sich stark von den eigenen unterscheiden. Das ist sinnvoll, da man eventuellem Nachwuchs die größtmögliche Immunabwehr genetisch mit auf den Weg geben kann. (Beck 2006; Hatt 2006)

Der Geruchssinn ist zwar in der Welt des Menschen von anderen Sinnen wie Sehen und Hören in den Hintergrund gedrängt worden, doch seine große Bedeutung wird vielen spätestens durch seinen Ausfall bewusst. (Van Toller 1999; Blomqvist et al. 2004; Hummel et al. 2011) Dieser Verlust ist nicht so selten, wie man glauben mag. In Deutschland wird das Gesamtaufkommen von Menschen mit entsprechenden Funktionsstörungen auf etwa 79.000 Patienten pro Jahr geschätzt. (Damm et al. 2004) Aus diesem Grund wird schon lange nach Therapiemöglichkeiten der sogenannten An- bzw. Hyposmie, also dem vollständigen Ausfall bzw. der Empfindlichkeitsminderung des Riechvermögens (Plattig 1999; Hatt 2006), geforscht und es gibt mittlerweile verschiedene Ansätze: Operative Eingriffe bei sinusalen Störungen, Akupunktur sowie Therapie mit Steroiden und Antibiotika bei Anosmien entzündlicher oder postviraler Genese sind hier nur einige Varianten. (AWMF 2007; Hummel & Stuck 2010) Trotz allem sind die Behandlungsoptionen für Riechstörungen immer noch sehr limitiert. (Hummel & Lötsch 2010) Die meisten deutschen HNO-Kliniken führen vor allem Pharmakotherapie bei Riechstörungen durch, während nur 6% auch auf alternative Therapiemöglichkeiten zurückgreifen. (Damm et al. 2004)

2009 publizierten Hummel et al. Therapieerfolge bei Patienten mit Riechstörungen unterschiedlichen Ursprungs, die ein zwölfwöchiges Riechtraining absolvierten. Vor allem der Schwellenwert, also die Konzentration, bei der ein Duftstoff eben noch wahrgenommen werden kann, konnte signifikant gesenkt werden. Die untersuchten Probanden dieser Studie waren im Mittel 58 Jahre alt. (Hummel et al. 2009)

Die größte Gruppe der Riechgestörten bilden jedoch die Senioren. Mehr als die Hälfte der über 65-jährigen weist Funktionseinbußen dieses Sinnes auf. (Doty et al. 1984) Gerade diese Patientengruppe ist allerdings aufgrund der multikausalen Genese der Riechstörung nur schwer therapierbar. (Hummel et al. 2011) Den Betroffenen ein Riechtraining anzubieten, wäre eine leicht durchführbare und körperlich nur wenig belastende Möglichkeit. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher mit der Frage, ob ein solches Riechtraining auch für ältere Menschen sinnvoll sein könnte.

2 Grundlagen der Anatomie und Physiologie

2.1 Anatomie

2.1.1 Äußere Nase

Die äußere Nase besteht aus einem knöchernen und einem knorpeligen Anteil. Den knöchernen Anteil bildet die Nasenpyramide, die sich beidseits lateral aus dem Processus frontalis (Stirnfortsatz) der Maxilla (Oberkiefer), medial aus dem Os nasale (Nasenbein) und kranial aus dem Nasenfortsatz des Os frontale (Stirnbein) zusammensetzt. Die Öffnung der knöchernen Nase wird als Apertura piriformis bezeichnet. Der knorpelige Anteil wird auf jeder Seite aus dem Cartilago nasi lateralis (Dreiecksknorpel) gebildet, der mit der knöchernen Nase und dem ebenfalls aus Knorpel bestehenden Septum (Cartilago septi nasi) verbunden ist. Die Nasenspitze wird beidseits aus dem Cartilago alaris major (Nasenspitzenknorpel) zusammengesetzt, dessen Crus mediale (Nasensteg = Columella) und Crus laterale (Nasenflügel) die Form des Nasenlochs und -doms bilden. Das entstandene Vestibulum nasi endet am inneren Nasenloch (Limen nasi = Nasenklappe), das sich an der Unterkante des Dreiecksknorpels befindet. (Boenninghaus & Lenarz 2001)

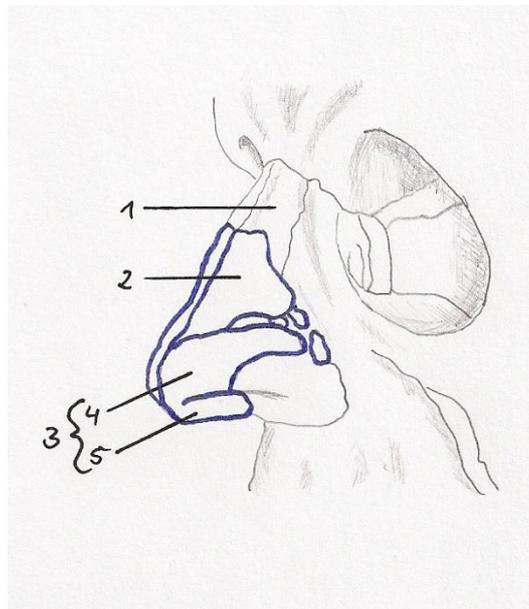


Abb. 1: Aufbau der äußeren Nase (mod. n. Boenninghaus & Lenarz 2007)

Die knöchernen Anteile der äußeren Nase setzen sich aus Teilen der Maxilla und des Os frontale sowie dem Os nasale(1) zusammen. Der knorpelige Anteil wird aus dem Cartilago nasi lateralis(2) und dem Cartilago alaris major(3) gebildet. Der Cartilago alaris major hat zwei Anteile: Sein Crus laterale(4) formt den Nasenflügel und sein Crus mediale(5) bildet den Nasensteg.

2.1.2 Innere Nase

Die mediale Nasenwand der inneren Nase entspricht dem Nasenseptum, das die rechte und linke Nasenhöhle (Vestibulum nasi) trennt. Die eigentliche Nasenhaupthöhle beginnt am Limen nasi und reicht bis zu den Choanen. Ihr Dach wird von der Lamina cribrosa des Os ethmoidale (Siebbein), dem Os sphenoidale (Keilbein) und dem Os nasale (Nasenbein) gebildet, während der harte Gaumen sie von kaudal begrenzt. Teile der Maxilla, des Os lacrimale (Tränenbein), des Os palatinum (Gaumenbein) und des Os sphenoidale bilden die laterale Wand.

An der lateralen Nasenwand sind die drei Conchae nasales (Nasenmuscheln) lokalisiert, welche den Ausführungsgängen der Nasennebenhöhlen und des Tränengangs als Mündung dienen.

Die Schleimhaut der Nase besteht aus zwei Regionen, der Regio respiratoria mit mehrschichtigem Flimmerepithel und der Regio olfactoria mit den zum Riechen notwendigen Sinneszellen. (Boenninghaus & Lenarz 2001)

2.1.3 Regio olfactoria

Das Riechepithel befindet sich links und rechts in einem jeweils ca. 5 cm² großen Bereich (Hatt 2006, 2010), der Regio olfactoria. Diese Region liegt in der Nasenkuppel und dehnt sich lateral am Oberrand der oberen Nasenmuschel und medial bis in den oberen Bereich des Septums aus. (Boenninghaus & Lenarz 2001)

Die Riechschleimhaut besteht aus den für das Riechen notwendigen Sinnes- sowie Stütz- und Basalzellen, die zusammen das mehrreihige Epithel bilden. Außerdem sind zahlreiche sogenannte Bowman-Drüsen, kleine Schleimdrüsen, vorhanden, die ein die Riechschleimhaut bedeckendes Sekret, den Mukus, bilden. (Kahle & Frotscher 2002)

Die Regio olfactoria enthält ca. 10 bis 25 Millionen olfaktorische Rezeptorneurone (ORN). Hierbei handelt es sich um bipolare, primäre Sinneszellen, aus denen apikal jeweils 5 bis 20 Zilien mit olfaktorischen Rezeptoren in die Schleimhaut ragen und im Mukus der Bowman-Drüsen einen dichten Filz bilden. Jedes ORN exprimiert nur einen oder wenige von insgesamt 350 verschiedenen Rezeptortypen. (Plattig 1999; Hatt 2010)

Basal laufen die Riechsinneszellen in ein markloses Axon aus. Zahlreiche dieser Axone bilden gemeinsam je ein Filum olfactorium. Die gebündelten Fortsätze, die Fila olfactoria, die in ihrer Gesamtheit den Nervus olfactorius darstellen, ziehen durch die Lamina cribrosa der Schädelbasis zum Bulbus olfactorius und bilden dort Verknäuelungen, Glomeruli, mit den Dendriten von Mitralzellen. Hier findet die einzige synaptische Verschaltung zwischen den Riechzellen und höheren Hirnzentren statt. (Hatt 2010)

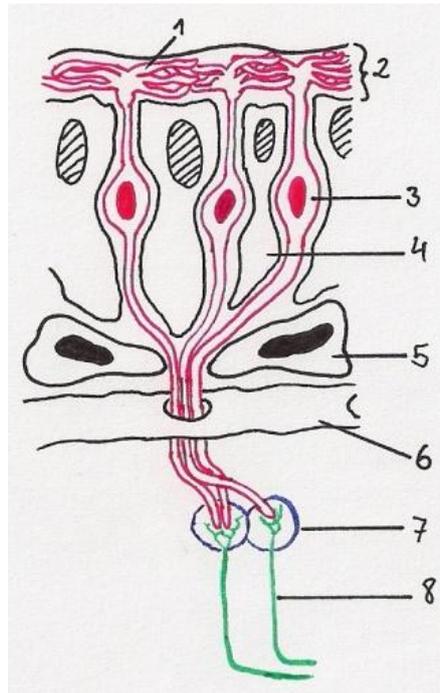


Abb. 2: Schematischer Aufbau der Riechschleimhaut (mod. n. Hatt 2010)

Die Zilien(1) der Sinneszellen(3) ragen in den Mukus(2) der Bowman-Drüsen. Zwischen den Sinneszellen sind Stützzellen(4) erkennbar. Basal im Epithel liegen die Basalzellen(5). Die Axone der Sinneszellen ziehen durch die Lamina cribrosa(6) und bilden mit den Dendriten der Mitralzellen(8) die Glomeruli(7).

2.1.4 Regeneration der Riechzellen

Außergewöhnlich ist, dass die ORN im Gegensatz zu anderen Nervenzellen regenerationsfähig sind. Sie erneuern sich normalerweise alle 4 bis 6 Wochen aus den im Epithel vorhandenen adulten Stammzellen, den Basalzellen. Bei Bedarf kann die Neubildung jedoch auch gesteigert werden. (Graziadei 1973; Graziadei & Monti Graziadei 1983; Plattig 1999)

In einer tierexperimentellen Studie markierte man die ORN, um deren Lebensdauer nachvollziehen zu können. Nach drei bis sechs Monaten waren nahezu alle Rezeptorzellen durch neue ersetzt. (Hinds et al. 1984)

Bereits 1973 konnte auch gezeigt werden, dass bei experimenteller Durchtrennung des Nervus olfactorius fast alle reifen ORN zu Grunde gingen. Gleichzeitig stieg die Proliferationsrate der Basalzellen stark an. Innerhalb von 4 bis 6 Wochen war die Nachreifung der Rezeptorzellen abgeschlossen und das Epithel glich wieder dem der Kontrollseite. Die neuen ORN reinnervierten den Bulbus olfactorius und waren somit wieder voll funktionstüchtig. (Graziadei 1973)

Eine weiterführende Studie brachte noch überraschendere Ergebnisse hervor. Man entfernte den Bulbus olfactorius komplett und nahm damit den sich neu bildenden ORN ihr normales Innervationsziel. Trotzdem regenerierten sich die Rezeptorzellen und ihre Axone fanden Verbindungen zu anderen neuronalen Strukturen des Gehirns. (Graziadei et al. 1979)

2.2 Physiologie

Duftstoffe können nur wahrgenommen werden, wenn sie ausreichend volatil und möglichst wasserlöslich sind. Bei normaler Einatmung erreichen nur circa 5% der Duftmoleküle die Sinneszellen. Dieser Umstand hängt mit der bereits erläuterten anatomischen Lage der Regio olfactoria zusammen. Abhängig von der Geschwindigkeit, die die Luft beim Einatmen erreicht, wird diese umgelenkt und gelangt durch Wirbelbildung am hinteren Rand der oberen Nasenmuschel zu den Riechrezeptoren. Durch das sogenannte „Schnüffeln“ kann der Molekülstrom zu den Sinneszellen somit vergrößert und die Riechwahrnehmung gesteigert werden. (Plattig 1999)

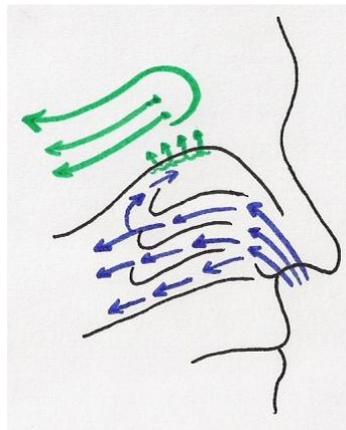


Abb. 3: Schematische Darstellung des Luftstroms bei der Einatmung (mod. n. Plattig 1999)

Schematisch dargestellt ist die Nasenhöhle mit den drei Nasenmuscheln (schwarz). Die blauen Pfeile verdeutlichen den Luftstrom bei der Einatmung. Nur ca. 5% dieser Luft gelangt durch Wirbelbildung am hinteren Rand der oberen Nasenmuschel zur Regio olfactoria (grün). Die grünen Pfeile zum Riechepithel zeigen grob den Weg des durch einen Duftstoff ausgelösten Sinneseindrucks.

Die Riechstoffe werden in dem die Riechschleimhaut bedeckenden Mukus gelöst und gelangen von dort zu den Zilien mit den olfaktorischen Rezeptoren (OR). (Boenninghaus & Lenarz 2001) Hydrophile Stoffe passieren Mukus relativ leicht, während hydrophobe Stoffe an odorant-binding-proteins, Transporterproteine, gebunden die OR erreichen. (Bianchet et al. 1996)

Ist ein Duftstoff in ausreichend hoher Konzentration vorhanden, so werden komplexe physiologische Vorgänge in Gang gesetzt, die dazu führen, dass dieser wahrgenommen werden kann. Die OR gehören zur Superfamilie der G-Protein-gekoppelten Rezeptoren, deren Signaltransduktion über eine second-messenger-Kaskade, also einen Signalverstärkungsmechanismus, läuft. Der Kontakt zwischen dem Duftmolekül und dem Sinnesrezeptor aktiviert intrazellulär das G-Protein, einen Rezeptor, der Guanosintriphosphat bindet. Dieser wiederum regt die Adenylatzyklase an, die die Synthese des zyklischen Adenosinmonophosphat (cAMP) katalysiert, dessen Konzentration daraufhin sehr schnell ansteigt. Dadurch öffnen sich unspezifische Ionenkanäle, durch die die Kationen Natrium und Calcium einströmen und zu einer Depolarisation der Zelle führen.

Die Aktivierung eines einzigen Rezeptorproteins durch ein Duftmolekül kann bis zu 2000 cAMP-Moleküle erzeugen. Dementsprechend kann sich auch eine große Anzahl von Ionenkanälen öffnen und so schon ein nur kleiner Reiz ein Aktionspotenzial generieren. Dieser Umstand ist als mögliche Erklärung für die zum Teil ungewöhnlich niedrige Reizschwelle für bestimmte Duftstoffe anzusehen. (Hatt 2010)

Das entstandene Aktionspotenzial wird über die Axone der Sinneszellen fortgeleitet, welche im Bulbus olfactorius auf die Dendriten der Mitralzellen verschaltet werden. Dabei konvergieren mehr als 1.000 Axone auf eine Mitralzelle, was zu einer deutlichen Reduktion der Informationskanäle führt. Diese Konvergenz dient der Filterung der Erregung und der Verstärkung der Empfindlichkeit. (Plattig 1999)

Circa 30.000 Axone der Mitralzellen leiten die Erregung als Tractus olfactorius zum ipsilateralen Riechhirn fort, zu dem der piriforme Kortex, das Tuberculum olfactorium und die Amygdala sowie die Regio entorhinalis gehören. Von diesen primär angesteuerten Gebieten werden die Informationen zu den unterschiedlichsten nachgeordneten Hirngebieten weitergeleitet, z.B. zum limbischen System, den neokortikalen Projektionszentren an der unteren Fläche des Frontalhirns und auch zu vegetativen Kernen des Hypothalamus und der Formatio reticularis. (Plattig 1999; Hatt 2006; Wilson et al. 2006; Hatt 2010)

Der Mensch kann etwa 10.000 verschiedene Gerüche unterscheiden, hat aber nur circa 350 unterschiedliche Rezeptortypen (Buck 2004), und jeder Rezeptor spricht auch nur auf eine kleine Anzahl verschiedener Duftstoffe an. (Malnic et al. 1999) Die Möglichkeit dieser Wahrnehmungsvielfalt kommt dabei durch unterschiedliche Kodierungsmöglichkeiten zu Stande. So kann ein OR von mehreren, verschiedenen Duftmolekülen aktiviert werden. Allerdings aktiviert ein einzelnes Duftmolekül auch nicht nur einen bestimmten Rezeptortyp. Unterschiedliche Düfte werden somit von verschiedenen Kombinationen von OR kodiert, so dass eine unfassbar große Zahl von Kombinationsmöglichkeiten entsteht. Würde jeder Duft von jeweils nur 3 verschiedenen OR wahrgenommen, würde das theoretisch nahezu eine Billion Kodierungskombinationen möglich machen. (Buck 2004)

Das normale Geruchsvermögen wird als Normosmie bezeichnet, die sich unter anderem durch die gerade noch wahrnehmbare Duftstoffkonzentration, den Schwellenwert, definiert. (Kobal et al. 2000) Allerdings bildet der Bereich der Riechschwelle, in dem von einer Normosmie auszugehen ist, ein relativ breites Feld. (Davidson et al. 1987)

Das Riechvermögen ist nämlich von vielen physiologischen Faktoren abhängig. So verschlechtert es sich bei niedrigen Temperaturen oder trockener Luft und auch unter hormonellen Einflüssen, wie sie z.B. bei der Menstruation vorliegen. Hunger senkt den Schwellenwert und steigert so die Geruchsempfindlichkeit, während Sättigkeit die Riechschwelle steigert. (Plattig 1999; Hatt 2010)

3 Untersuchung des Riechvermögens

3.1 Psychophysische Riechtests

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Riechvermögen zu untersuchen. Im Allgemeinen unterscheidet man psychophysische von objektivierenden Riechtests. (Hummel et al. 2007a) Psychophysische Riechtests prüfen die subjektive Wahrnehmung und Erkennung von Düften. Es lassen sich verschiedene Aspekte des Riechens untersuchen. Da sie die Mitarbeit des Patienten erfordern, erreichen sie keine so große Objektivität wie die objektivierenden Testverfahren, sind aber unkompliziert und kostengünstig und werden daher gern zur Bestimmung des Riechvermögens verwendet. (Delank 1998)

Es gibt eine Reihe von psychophysischen Tests wie den Cross-Cultural Smell Identification Test (CCSIT), den Aachener Rhinotest und den Zürcher Riechtest, die vor allem für ein kurzes Screening empfohlen werden. (AWMF 2007)

Um eine detaillierte Beurteilung des Riechvermögens zu ermöglichen, gibt es quantitative, validierte Testverfahren.

Neben dem Test des Connecticut Chemosensory Clinical Research Centers (CCCRC) und dem in Japan gebräuchlichen T&T-Kit sind die bekanntesten Verfahren der UPSIT und die Sniffin' Sticks. (Delank 1998, AWMF 2007)

Der „University of Pennsylvania Smell Identification Test“ (UPSIT) ist ein reiner Identifikationstest, der misst, wie gut Düfte erkannt und benannt werden können. Er bietet 40 verschiedene Düfte, die mikroverkapselt auf Papier gebracht sind und durch Aufkratzen freigesetzt werden. Mithilfe von Antwortvorlagen müssen diese identifiziert werden. (Doty et al. 1984) Der Test ist allerdings aufgrund kultureller Unterschiede nur mit Einschränkungen verwendbar. Es werden zum Teil Gerüche verwendet, die z.B. in Deutschland größtenteils unbekannt sind, wie der Duft des Softdrinks „root beer“. (Hummel et al. 2007a)

Eine ausführlichere Testung bieten die in Deutschland gebräuchlichen Sniffin' Sticks. Dieser Test besteht aus drei Untertests, mit denen sich verschiedene Qualitäten des Riechens

untersuchen lassen. So kann man neben der Wahrnehmungsschwelle das Diskriminationsvermögen bestimmen, also ob ein Geruch von einem anderen unterschieden werden kann. Auch das schon mit dem UPSIT messbare Identifikationsvermögen kann hier eruiert werden. (Hummel et al. 1997)

3.2 Objektivierende Riechtests

Objektivierende Riechtests sind mit größerem technischem Aufwand verbunden als psychophysische Tests. So steht z.B. die Ableitung olfaktorisch evozierter Potenziale zur Verfügung. Mit dem Olfaktometer werden dem Probanden Duftreize dargeboten und über ein parallel abgeleitetes EEG die Antworten der Hirnrinde gemessen. (Delank 1998, Hummel et al. 2007a)

Das Olfaktometer appliziert die Düfte druck-, volumen- und temperaturkontrolliert direkt in die Nasenhöhle des Probanden und definiert auch Reizdauer und –intervall. (Delank 1998)

Ausschlaggebend für die Einschätzung sind Amplitudengröße und Latenzzeiten der im EEG abgeleiteten Potenziale. (Hummel et al. 2007a)

Außerdem lassen sich auch Potenziale direkt von der Riechschleimhaut in Form eines Elektroolfaktogramms ableiten. Dazu müssen allerdings Elektroden direkt an das olfaktorische Epithel (OE) herangebracht werden. Dies ist aufwendig und mit Störungen durch Niesen und Hypersekretion verbunden. (Delank 1998) Außerdem ist es aufgrund des lückenhaften Epithels bei Erwachsenen nicht immer aussagekräftig und hat daher bisher nur Bedeutung für experimentelle Untersuchungen. (Delank 1998, Hummel et al. 2007a)

Weitere apparative Untersuchungen, die bisher allerdings mehr zu Forschungszwecken genutzt werden, lassen sich mit der Magnetresonanztomographie (MRT) durchführen. So kann man z.B. das Volumen des Bulbus olfactorius bestimmen, dessen Größe mit der Riechleistung korreliert. In der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) lassen sich die Hirnareale darstellen, die bei bestimmten Handlungen oder Reizen aktiviert werden. So macht man die durch Duftreize angeregten Hirnareale sichtbar. (Hummel et al. 2007a)

4 Riechen im Alter

Wie eingangs bereits erwähnt, sind Riechstörungen unter der älteren Bevölkerung weit verbreitet. (Steinbach et al. 2008a) Die Fähigkeit zu Riechen geht schon ab dem 40. Lebensjahr zurück. (Cain & Stevens 1989; Murphy et al. 2002) Allein die Hälfte aller 65- bis 80-jährigen weist eine Hyposmie auf. Unter den über 80-jährigen sind es sogar schon 75%, von denen 25% wiederum eine Anosmie zeigen. (Doty et al. 1984)

Die verminderte olfaktorische Leistungsfähigkeit im Alter zeigt sich sowohl in einer Abnahme des Schwellenwerts, was bedeutet, dass der Duftstoff stärker konzentriert vorhanden sein muss, um überhaupt wahrgenommen zu werden, als auch in einer Abnahme des Identifikationsvermögens einzelner Duftstoffe. (Wysocki & Gilbert 1989; Hummel et al. 2007b) Männer sind im Durchschnitt stärker vom Riechverlust betroffen, doch Frauen reagieren sensibler auf diesen Ausfall und leiden stärker unter der Störung. (Wysocki & Gilbert 1989; Simmen et al. 1999; Temmel 2002; Frasnelli & Hummel 2005; Hummel et al. 2011)

4.1 Ursachen des Riechverlusts im Alter

Es kann nur schwer eine alleinige Ursache für die Tatsache gefunden werden, dass gerade die ältere Bevölkerung so stark von einem Riechverlust betroffenen ist. Vielmehr handelt es sich um ein multikausales Geschehen, das nicht nur aus einer Schädigung und verschlechterten Neubildung der Sinneszellen resultiert sondern auch auf zentralnervösen Veränderungen beruht. (Stevens et al. 1984; Murphy et al. 2002; Larsson et al. 2009)

In einer Studie an Ratten konnte gezeigt werden, dass die Proliferationsrate der Basalzellen, die alte Sinneszellen ersetzen, in vielen Bereichen des Epithels bei älteren Tieren stark reduziert war. Der strukturelle Aufbau des olfaktorischen Epithels war ungeordnet und die Aufteilung in klare Schichten fehlte. (Loo et al. 1996)

Des Weiteren steigt mit dem Alter die Apoptoserate der ORN. Das bedeutet, dass mehr Zellen physiologisch zu Grunde gehen. (Robinson et al. 2002) Das degenerierte olfaktorische Epithel wird dann durch respiratorisches Gewebe ersetzt und bildet nur noch eine Art löchrige Matte. (Piak et al. 1992)

Im senilen OE sind auch die Blutgefäße und die Bowman-Drüsen schlechter sympathisch-adrenerg innerviert als bei jüngeren Vergleichsgruppen. Dadurch sind die Vasomotorik und demzufolge auch die Durchblutung sowie die Schleimsekretion gestört. (Chen et al. 1993)

Da sich die Zusammensetzung des das Epithel bedeckenden Schleims im Alter ebenfalls verändert, ist der Transport der Duftmoleküle zu den entsprechenden Rezeptoren erschwert. (Hoffmann & Wagenmann 2005)

Weiterhin wurde beobachtet, dass die Öffnungen in der Lamina cribrosa, die den Fila olfactoria als Durchtritt dienen, mit zunehmendem Lebensalter verknöchern und die Nervenfortsätze so eingeengt und geschädigt werden bzw. Axone von neu nachgebildeten ORN keinen Zugang mehr zum ZNS finden. (Krmptic-Nemanic 1969)

Außerdem gibt es in den dem Riechepithel nachfolgenden Strukturen alterungsbedingte Veränderungen. Das Volumen des Bulbus olfactorius nimmt ab und er beinhaltet weniger Mitralzellen, die zu dem schlecht verteilt liegen. Demzufolge gibt es auch weniger Dendriten, an denen die olfaktorischen Nervenenden Synapsen bilden können. Das konnte auch durch die Tatsache bewiesen werden, dass die Zellschicht, die die Glomeruli beinhaltet, im Alter sehr viel dünner wird. (Bhatnagar et al. 1987; Meisami et al. 1998)

Umwelteinflüsse sind ebenso als ursächlich für den Riechverlust im Alter anzusehen. Schließlich sind die olfaktorischen Sinneszellen durch ihre anatomische, im Vergleich zu anderen Nervenzellen ungeschützte Lage ein Leben lang viralen und toxischen Einflüssen ausgesetzt, die durch die bereits erwähnte verminderte Regenerationsfähigkeit immer schlechter kompensiert werden können. (Piak et al. 1992; Robinson et al. 2002)

Bei einem Vergleich zwischen älteren Menschen, die anamnestisch Erkrankungen der Nase und der oberen Atemwege angaben, Medikamente einnahmen oder Raucher waren und solchen, die keinen dieser Prädiktoren aufwiesen, konnte gezeigt werden, dass die Riechleistung in weitaus stärkerem Maß in der Gruppe mit den entsprechenden Einflussfaktoren sank. Diese Gruppe wurde allerdings auch mit zunehmendem Alter größer. (Mackay-Sim et al. 2006) So konnte gezeigt werden, dass auch äußere Einwirkungen eine große Rolle bei der Veränderung des Riechvermögens im Alter spielen.

Zusammenfassend sind viele verschiedene Umstände ursächlich für die sogenannte Presbyosmie.

4.2 Folgen des Riechverlusts

Ältere Personen nehmen die Störung des Riechsinn häufig nicht bewusst wahr, denn die Riechfunktion verschlechtert sich schleichend und wird daher weder von den Betroffenen noch von Angehörigen bemerkt. (Van Toller 1999) Somit ist auch die Selbsteinschätzung der olfaktorischen Fähigkeiten oftmals unzuverlässig und viele geben ein subjektiv gut erhaltenes Riechvermögen an, weshalb auch nur wenige der Betroffenen einen Arzt aufsuchen. (Stevens & Cain 1985; Murphy et al. 2002; Landis et al. 2003, 2004; Hummel & Nordin 2005; Brämerson et al. 2007; Hummel & Stuck 2010) Der Mangel an der Wahrnehmung der Störung schützt jedoch nicht vor den negativen Konsequenzen, die eine verminderte Riechfunktion mit sich bringt, auch wenn diese weniger bewusst wahrgenommen werden.

Eine der offensichtlichsten Folgen ist die Gefahr, Rauch bei einem Brand oder ein Gasleck in der Wohnung nicht rechtzeitig zu erkennen, was lebensgefährliche Folgen haben kann. Des Weiteren riechen viele Menschen an Nahrungsmitteln, um zu beurteilen, ob diese noch gut erhalten sind. Geht daher der Riechsinn verloren, steigt die Gefahr, verdorbene Lebensmittel zu sich zu nehmen. (Steinbach et al. 2008b)

Außerdem steht der Geruchsinn in engem Zusammenhang mit dem Geschmack und eine Störung des Riechvermögens beeinflusst daher auch diese Sinneswahrnehmung sehr stark. Daraus resultiert ein starker Einfluss auf die Ernährungsgesundheit und den Essgenuss. Duffy et al. wiesen nach, dass hyp- und anosmische Frauen ein vermindertes Interesse an essenbezogenen Aktivitäten wie Restaurantbesuchen und Dinnereinladungen zeigten. Des Weiteren konsumierten die Betroffenen signifikant mehr süße und fettreiche Speisen, während gesunde Speisen wie vitaminreiche Früchte in den Hintergrund traten. (Duffy et al. 1995) In einer ähnlichen Studie konnte gezeigt werden, dass nur ältere Probanden mit normaler Riechleistung Vanillepudding mit abgeschwächtem Geschmack mochten, während ihre Altersgenossen mit gestörtem Riechvermögen den süßesten bevorzugten und auch mehr Wert auf die Konsistenz (cremiger durch mehr Sahne) legten. Dies scheint eine Kompensationsstrategie des verminderten Schmeckvermögens zu sein. (Kremer et al. 2007) Diese Umstände haben natürlich auch Auswirkungen auf das Körpergewicht, wobei die Veränderungen hierbei unter den Patienten mit verminderter Riechfunktion sehr heterogen sind. So kommt es durch den oft vorliegenden Appetitverlust häufig zu Gewichtsabnahmen. (Rolls 1999) Allerdings konnten auch Zunahmen des Gewichts beobachtet werden, da die Betroffenen zum Konsum ungesunder Speisen mit hohem Fett- und Salzgehalt neigen und teils z.B. mehr Süßigkeiten essen, um überhaupt etwas zu schmecken. (Davidson et al. 1987; Kremer et al. 2007)

Die Riechstörung hat auch Folgen für die Körperhygiene. Der eigene Körpergeruch kann nicht mehr wahrgenommen werden, was entweder dazu führt, dass die Patienten nichts dagegen tun und von Gesunden als unangenehm riechend empfunden werden oder exzessiv Parfum benutzen. (Temmel et al. 2002) Vor allem die erschwerte Hygiene und die Tatsache, dass weniger Einladungen zum Essen ausgesprochen bzw. angenommen werden, führen zu sozialer Ausgrenzung und können in der Entstehung einer Depression resultieren. (Steinbach et al. 2008b; Aschenbrenner et al. 2008) Diese Entwicklung kann durch die Tatsache, dass Riechgestörte im Allgemeinen häufig unter Stimmungsschwankungen leiden, verstärkt werden. (Temmel et al. 2002)

Zusammenfassend führt eine Verminderung der Riechwahrnehmung zu einer Reduktion der gesamten Lebensqualität. (Davidson et al. 1987; Miwa et al. 2001; Temmel et al. 2002; Blomquist et al. 2004; Hummel & Nordin 2005; Shu et al. 2011)

Sogar die individuelle Lebenserwartung soll mit nachlassender Riechfunktion sinken. (Wilson et al. 2010)

Besonders bei geriatrischen Patienten kann die Verschlechterung des Riechsinnns durch die aufgeführten Folgen zu einem reduzierten Allgemeinzustand führen und sollte in deren Betreuung Beachtung finden. (Klimek et al. 2000) Das heißt auch, dass eine effiziente Aufklärung über diese Störung betrieben werden muss und die Betroffenen für ihre Minderfunktion sensibilisiert werden sollten.

Des Weiteren muss nach Therapiemöglichkeiten gesucht werden, die gerade für dieses ältere Patientengut wenig belastend und leicht durchführbar sind. Mit dieser Intention wurde die vorliegende Studie durchgeführt.

5 Studiendesign und -durchführung

5.1 Studiendesign:

Die hier vorgestellte Studie wurde in Anlehnung an die Deklaration von Helsinki zu *Ethischen Grundsätzen für die medizinische Forschung am Menschen* der World Medical Association durchgeführt. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Technischen Universität Dresden gesehen und genehmigt (EK-Nr.: 40022009).

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine kontrollierte, prospektive Studie, die Teilprojekt einer groß angelegten Riechstudie ist. Die Probanden wurden auch unter den Gesichtspunkten anderer Thematiken begutachtet, die Auswertung der einzelnen Untersuchungen erfolgte jedoch unabhängig und getrennt voneinander. Im Folgenden wird nur der für die vorliegende Studie relevante Teil der Datenerhebung geschildert.

Im Zeitraum von April bis Juli 2010 wurden 104 Probanden rekrutiert, bei denen es sich überwiegend um Bewohner von Seniorenheimen handelte.

Die Probanden wurden über Inhalt und Ablauf der Studie sowie die Möglichkeit, ohne Konsequenzen jederzeit die Teilnahme zu beenden, schriftlich und mündlich aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis (Anhang A und B).

Der Studienablauf beinhaltete zwei Termine mit einem Zeitintervall von drei Monaten.

Die Probanden wurden gebeten, eine Stunde vor Beginn der Untersuchungen nicht zu rauchen, nicht zu essen und nur noch Wasser zu trinken.

Zu Beginn der ersten Untersuchung wurden in einem ausführlichen Anamnesegepräch allgemeine Daten und Informationen über aktuelle sowie frühere Erkrankungen erhoben. Es wurde nach früheren Operationen im Kopfbereich, aber auch nach Nikotin- und Alkoholkonsum und eventuell bestehender Medikation gefragt. Des Weiteren mussten die Probanden ihr Riechvermögen subjektiv bewerten (Anhang C).

Im Anschluss an dieses Gespräch unterzogen sich die Studienteilnehmer dem Mini-Mental-Status-Test (MMST) nach Folstein. Dieser diente als kurze Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten. Nun wurden mithilfe der Sniffin' Sticks der Schwellentest und der Identifikationstest durchgeführt. Im Anschluss an die erste Datenerhebung wurden den am Training interessierten Probanden vier Riechproben ausgehändigt.

Nach drei Monaten wurden alle Probanden erneut untersucht. Während dieses zweiten Termins wurde zuerst die Befindlichkeitsskala nach Zerssen bearbeitet. Diese erlaubte eine Beurteilung des aktuellen Gemütszustandes. Anschließend wurden erneut der Schwellen- und der Identifikationswert mithilfe der Sniffin' Sticks bestimmt.

Die jeweiligen Gesamtuntersuchungen nahmen circa 45 bis 60 Minuten Zeit in Anspruch.

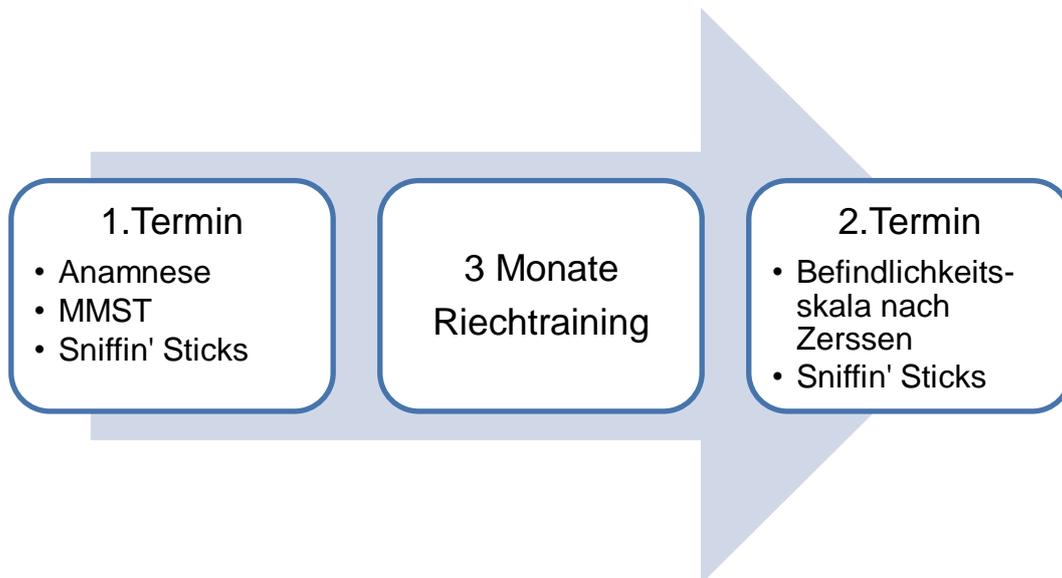


Abb. 4: Zeitliches Schema des Untersuchungsablaufs

Am Anfang der Studie stand der 1. Untersuchungstermin mit den entsprechenden Tests. Das dreimonatige Zeitintervall wurde für das Riechtraining genutzt, bevor am 2. Termin erneut Daten erhoben wurden.

5.2 Mini-Mental-Status-Test (MMST)

Der MMST wurde 1975 von Folstein entwickelt und ist ein quantitatives und valides Bewertungsverfahren, das kognitive Störungen objektivieren kann. Er dient der orientierenden Einschätzung von kognitiven Leistungseinschränkungen und der Verlaufsbeobachtung von demenziellen Syndromen, ersetzt jedoch nicht die klinische Einschätzung, Untersuchung und Diagnostik.

Der Test besteht aus einem Interview, in welchem mit dem Probanden einfache Aufgabenkomplexe bearbeitet werden. Zur Beurteilung der zeitlichen und räumlichen Orientierung wird nach Jahreszeit, Datum etc. und nach dem momentanen Aufenthaltsort inklusive Stadt, Staat etc. gefragt. Die Merk- und Erinnerungsfähigkeit wird geprüft, in dem man für den Probanden drei Dinge im Raum benennt und ihn diese dann wiederholen lässt. Weiterhin wird der zu Untersuchende gebeten, von 100 an in Schritten von sieben rückwärts zu zählen und anschließend werden die vorher erlernten drei Gegenstände wieder abgefragt. Somit können Aufmerksamkeit, Konzentration und auch das Rechenvermögen getestet werden. Zur Beurteilung der Sprache und des Sprachverständnisses wird der Proband gebeten, einen Stift und eine Uhr zu benennen, einen „Zungenbrecher“ zu wiederholen und einer einfachen Handlungsanweisung des Untersuchers Folge zu leisten. Zum Schluss wird dem Probanden ein Blatt Papier mit drei einfachen Aufgaben ausgehändigt, welche das Lesen, Schreiben und Zeichnen prüfen. (Folstein et al. 1975; Crum et al. 1993)

Die Durchführung des Tests dauert etwa 5 bis 10 Minuten. Für jede Aufgabe wird eine definierte Anzahl an Punkten vergeben, die maximale Punktzahl beträgt 30.

Eine Punktzahl von weniger als 20 konnte laut Folstein nur bei Patienten mit schwerer kognitiver Beeinträchtigung gefunden werden, jedoch nicht bei normalen älteren Probanden. (Folstein et al. 1975)

5.3 Sniffin' Sticks

Der Sniffin' Sticks Test der Firma Burghart Messtechnik ist ein von der Deutschen Gesellschaft für Olfaktologie und Gustologie standardmäßig empfohlenes Verfahren zur klinischen Untersuchung des Riechvermögens und wurde 1996 von Kobal et al. entwickelt. (Kobal et al. 1996; Steinbach et al. 2008b) Es handelt sich um eine psychophysische Testform, die die Mitarbeit des Probanden erfordert. (Hummel et al. 2007a)

Die Sniffin' Sticks bestehen aus einer Form von Filzstiften, die allerdings nicht mit Farb- sondern mit Duftstoffen gefüllt sind. Es gibt drei verschiedene Testpaletten, von denen zwei in der vorliegenden Studie verwendet wurden.

5.3.1 Schwellentest

Mit dem Schwellentest kann festgestellt werden, ab welcher Konzentration ein Duft wahrgenommen werden kann. Er wird mit einer Palette aus 48 Stiften durchgeführt. Je drei Stifte bilden hierbei eine Einheit, welche zwei geruchlose Stifte und einen mit Phenylethylalkohol (PEA) befüllten Stift umfasst. Diese Einheiten bilden eine Verdünnungsreihe aus 16 Triplets mit einer Verdünnung 0,00012% bis 4%.

Tab. 1: Verdünnungskonzentrationen der Sniffin' Sticks des Schwellentest

Triplet	PEA-Konzentration in %	Triplet	PEA-Konzentration in %
1	4	9	0,015625
2	2	10	0,0078125
3	1	11	0,00390625
4	0,5	12	0,00195313
5	0,25	13	0,00097656
6	0,125	14	0,00048828
7	0,0625	15	0,00024414
8	0,03125	16	0,00012207

Dem Probanden werden die Augen verbunden und es wird für eine ruhige und vor allem auch möglichst geruchsarme Atmosphäre gesorgt. Nun werden beginnend mit einer der beiden niedrigsten Verdünnungsstufen die drei Stifte einer Einheit nacheinander mit einem Zeitabstand von etwa 30 Sekunden dargeboten. Hierzu werden die jeweiligen Stifte geöffnet und dem Probanden für 3 bis 4 Sekunden mit einem Abstand von etwa 2 cm mittig unter beide Nasenlöcher gehalten. Dieser soll nun herausfinden, welcher der drei Stifte der mit Duftstoff befüllte ist. (Hummel et al. 1997, 2007a) Dabei wendet man das sogenannte „forced-choice“-Prinzip an. Das bedeutet, dass der Proband sich für einen der drei Stifte

entscheiden muss, auch wenn er meint, dass keiner der drei Stifte riecht. Eine Wiederholung der Darbietung ist nicht zulässig. So wird die Objektivität des Tests erhöht. (Hummel et al. 2007a)

Entscheidet der Proband sich falsch, wird das nächste Triplet angeboten, wobei man eine Stufe auslässt. So senkt man die Verdünnung bis eine richtige Entscheidung getroffen wird. Die entsprechende Einheit wird erneut in einer veränderten Reihenfolge dargeboten und der zu Untersuchende muss noch einmal den richtigen Stift identifizieren. Diese erste zweimal korrekt erkannte Verdünnungsstufe stellt den Ausgangspunkt für die weitere Untersuchung, einen sogenannten Wendepunkt, dar. Nun wird die nächsthöhere Verdünnungsstufe angeboten, solange bis der Patient eine falsche Entscheidung trifft. Auch diese Verdünnungsstufe bildet einen Wendepunkt. Ausgehend von diesem bietet man nun wieder niedrigere Verdünnungsstufen an, bis ein Triplet zweimal richtig erkannt wird. Dieses Verfahren wird so lange wiederholt, bis man sieben Wendepunkte dokumentiert hat. Aus den vier zuletzt markierten Punkten wird nun der Mittelwert gebildet, welcher die Geruchsschwelle definiert. (Wolfensberger et al. 2000; Hummel et al. 2007a, b)

1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10	xx		xx				xx
11		xx	x-	xx	xx		x-
12	x-	-		-		-	
13							
14	-						
15							
16	-						

Abb. 5: Beispielhafte Protokollierung des Schwellentests

Das Minus kennzeichnet die falsch zugeordneten, das Kreuz die richtig erkannten Triplets. Die roten Kreise verdeutlichen die Wendepunkte. Beginnend mit Stufe 16 wurde die Präsentation der Triplets begonnen. Bei Stufe 12 wurde der richtige Stift einmal erkannt, in der erforderlichen Wiederholung der Einheit wurde jedoch ein Fehler gemacht. Stufe 10 wurde zweimal richtig zugeordnet und bildete somit den ersten Wendepunkt. Von diesem aus wurden die Duftstoffkonzentrationen nun gesenkt, bis eine Stufe nicht mehr richtig erkannt wurde. Von diesem zweiten Wendepunkt aus wiederholte sich die Messung nun mit einer Erhöhung der Konzentration bis zum zweimaligen Erkennen usw. bis sieben Wendepunkte gebildet waren. Der Mittelwert der letzten vier Wendepunkte bildet den Schwellenwert: $(12+11+12+10)/4=11,25$

5.3.2 Identifikationstest

Der Identifikationstest lässt eine Beurteilung über die Frage zu, wie gut Gerüche erkannt werden. Dieser Test besteht aus einer Palette von 16 Stiften, welche Düfte, die einem Großteil der Bevölkerung bekannt sind, anbieten.

Tab. 2: Antwortmöglichkeiten des Identifikationstest mit Markierung der richtigen Antwort

Stiftnummer	Antwortmöglichkeiten			
1	Orange	Brombeere	Erdbeere	Ananas
2	Rauch	Schuhleder	Klebstoff	Gras
3	Honig	Vanille	Zimt	Schokolade
4	Schnittlauch	Zwiebel	Fichte	Pfefferminz
5	Kokos	Kirsche	Walnuss	Banane
6	Pfirsich	Apfel	Zitrone	Grapefruit
7	Gummibär	Lakritz	Kaugummi	Kekse
8	Terpentin	Gummi	Menthol	Senf
9	Knoblauch	Zwiebel	Sauerkraut	Möhren
10	Zigarette	Kaffee	Wein	Kerzenrauch
11	Melone	Pfirsich	Apfel	Orange
12	Senf	Pfeffer	Zimt	Gewürznelke
13	Birne	Pflaume	Pfirsich	Ananas
14	Kamille	Himbeere	Rose	Kirsche
15	Rum	Anis	Honig	Fichte
16	Fisch	Brot	Käse	Schinken

Dem Probanden werden diese Stifte nacheinander dargeboten und er muss den entsprechenden Duft identifizieren. Es werden jeweils vier Antwortmöglichkeiten vorgegeben, zwischen denen eine Entscheidung getroffen werden muss. Auch hier wird wieder das Prinzip der „forced choice“-Methode angewendet. Abschließend werden alle richtig erkannten Düfte summiert und so der Identifikationswert mit einer Maximalpunktzahl von 16 gebildet. (Hummel et al. 2007a, b)

Die Werte aus den beiden Untersuchungen wurden in dieser Studie sowohl einzeln betrachtet, um die Riechschwelle und das Identifikationsvermögen einzuschätzen, als auch in Summe ausgewertet, um eine Vorstellung des Riechvermögens im Gesamten zu bekommen.

5.3.3 Geschlechtsspezifische Normwerte für Schwelle und Identifikation

Eine Studie mit mehr als 3.000 Probanden ergab für die Gruppe der über 55-jährigen folgende, in Tabelle 3 dargestellte Normwerte:

Tab. 3: Geschlechtsspezifische Normwerte ab einem Alter von 55 Jahren für den Schwellen- und Identifikationstest der Sniffin' Sticks (nach Hummel et al. 2007b)

	Männlich		Weiblich	
	S	I	S	I
Mittelwert	7,15	12,20	7,44	12,06
SD	3,59	2,57	3,51	2,31
25. Perzentile	4,44	11	5,50	11
50. Perzentile	7,5	13	7,25	12
75. Perzentile	9,25	14	9,00	14

5.4 Riechproben

Die für das Training verwendeten Riechproben wurden in eigener Produktion hergestellt. Hierfür wurden mit einem Schraubdeckel verschließbare Gläschen mit einem Volumen von 50 ml verwendet. Die Gefäße wurden mit je 2 ml der Duftstoffe Citronellal (Zitronenduft), Cineol (Eukalyptusduft), Phenylethanol (Rosenduft) und Eugenol (Nelkenduft) befüllt. Anschließend wurden die Proben mit einem Mulltupfer bestückt, der der Oberflächenvergrößerung und somit einer besseren Ausbreitung des Aromas diente.

Die Duftstoffe wurden aufgrund des von Henning 1916 entwickelten Geruchsprismas ausgewählt. Mit diesem Prisma versuchte Henning, eine Systematik in die Vielfalt der verschiedenen Geruchsqualitäten zu bringen. Dazu ordnete er die 6 olfaktorischen Grundqualitäten (blumig, faulig, fruchtig, harzig, würzig und brenzlig) in Form eines Prismas an, wobei jede der Qualitäten eine Ecke der geometrischen Figur besetzt. Jede andere beliebige Geruchsempfindung wird durch Positionierung zwischen den Basisqualitäten innerhalb des Prismas beschrieben. (Henning 1916, Kebeck 1997)

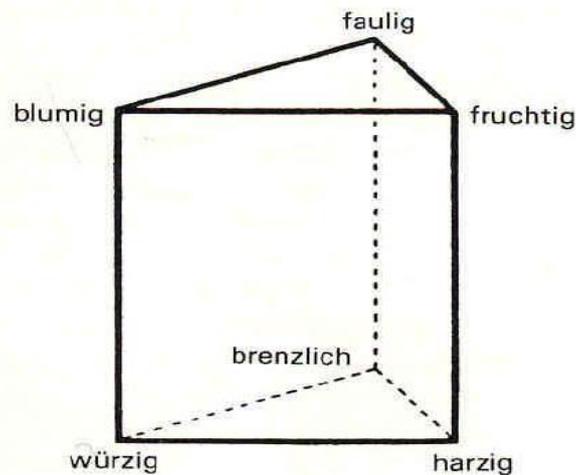


Abb. 6: Geruchsprisma (mod. n. Henning 1916)

Die sechs olfaktorischen Grundqualitäten bilden die Form eines Prismas, wobei jede Qualität eine Ecke der geometrischen Form besetzt.

Die für die Riechproben genutzten Düfte besetzen vier unterschiedliche Kanten an der Basis des Prismas zwischen den Grundqualitäten fruchtig, harzig, würzig und blumig, um während des Trainings eine Duftvielfalt zu gewährleisten und eine möglichst große Anzahl an Sinnesrezeptoren anzusprechen.

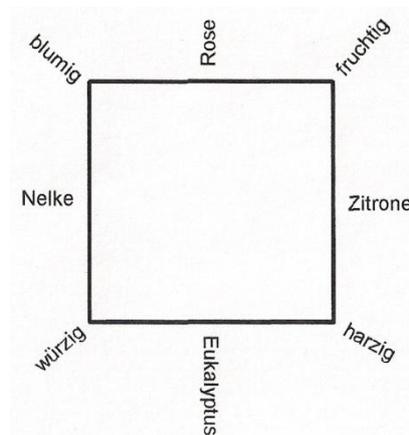


Abb. 7: Anordnung der für die Proben verwendeten Düfte (mod. n. Henning 1916)

Die für das Training verwendeten Düfte sind nach Henning an den vier Kanten der Basis zwischen den Grundqualitäten fruchtig, harzig, würzig und blumig einzuordnen.

Die Probanden wurden angewiesen, morgens und abends jeweils 30 Sekunden bewusst und intensiv an jeder einzelnen Probe zu riechen.

5.5 Befindlichkeitsskala nach Zerssen

Die Befindlichkeitsskala wurde 1976 von Dieter von Zerssen entwickelt und dient der Beurteilung der aktuellen Stimmungslage des Probanden. (Linden & Krautzig 1981; Möller 2008) Die Skala besteht aus einem Fragebogen mit 28 gegensätzlichen Paaren von Eigenschaftswörtern (z.B. aufgeschlossen – gehemmt, fröhlich – traurig). Der Proband hat die Aufgabe zu entscheiden, welche der beiden Eigenschaften momentan eher auf ihn zutrifft. Für den Fall, dass der zu Untersuchende sich definitiv nicht entscheiden kann, steht noch die Auswahl „weder noch“ zu Verfügung. Die Bearbeitung des Fragebogens dauert in etwa 5 Minuten.

Um den Test auszuwerten, ordnet man den negativ gewählten Eigenschaften zwei Punkte und der Auswahl „weder noch“ einen Punkt zu. Hat der Patient sich für die positiv behaftete Auswahl entschieden, gibt es keinen Punkt. Abschließend werden die Punkte summiert. (Pioch 2005) Ein Punktwert von 0 bis 6 spricht für eine euphorische Stimmungslage, 7 bis 16 Punkte zeigen einen ausgeglichenen Probanden an. Mit 17 bis 26 Punkten ist der Gemütszustand eher bedrückt bzw. mit 27 bis 41 Punkten leicht bis mäßig depressiv. Die höchsten Punktzahlen von 42 bis 56 stehen für eine ausgesprochene und extreme Depressivität.

6 Datenanalyse

6.1 Statistische Berechnung

Die statistische Berechnung und graphische Darstellung erfolgte mithilfe der Programme SPSS (Statistical Packages for the Social Sciences Inc., Chicago, Illinois, USA) und Microsoft Office 2010.

Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen der erhobenen Daten berechnet. Mithilfe des T-Tests für unabhängige Stichproben wurden die Mittelwerte der einzelnen Probandengruppen miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede untersucht.

Zur Überprüfung von linearen Zusammenhängen wurde die Berechnung des Pearson'schen Korrelationskoeffizienten r angewandt.

Das Signifikanzniveau (α -Level) wurde mit 0,05 festgelegt.

6.2 Probanden

Es konnten 104 Probanden für die Untersuchung gewonnen werden (männlich $n=30$, 28,8%; weiblich $n=74$, 71,2%). Insgesamt 12 Studienteilnehmer konnten nicht in die statistische Berechnung mit einbezogen werden. 9 Probanden brachen die Teilnahme an der Studie vorzeitig ab oder verstarben vor Ablauf des Studienzeitraums. Der MMST erbrachte für 3 Probanden einen Wert von weniger als 20 Punkten. Diese 3 Studienteilnehmer wurden von der späteren Berechnung ausgeschlossen.

Letztendlich konnte die statistische Auswertung mit insgesamt 92 Probanden erfolgen. 27 Teilnehmer waren männlich (29,3%) und 65 waren weiblich (70,7%). 43 Studienteilnehmer befanden sich in der Trainingsgruppe (männlich $n=16$, 37,2%, weiblich $n=27$, 62,8%). Die Altersspanne betrug 55 bis 96 Jahre. Das mittlere Alter der Probanden lag bei 80,85 Jahren.

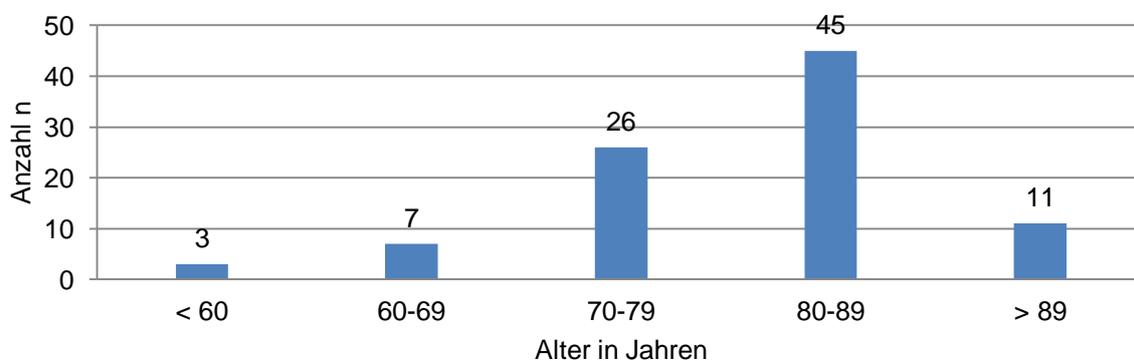


Abb. 8: Altersverteilung der Probanden

Die Darstellung zeigt die Anzahl der Probanden in den einzelnen Altersgruppen.

6.3 Ausgangssituation

In der Anamneseerhebung gaben 31 Befragte (33,7%) an, schon mehrfach von bestimmten HNO-relevanten Erkrankungen wie häufigen Erkältungen, Nasenpolypen, Heuschnupfen etc. betroffen gewesen zu sein oder immer noch darunter zu leiden. 14 Probanden (15,2%) seien schon einmal im Kopfbereich operiert worden. 6 Senioren (6,5%) waren Raucher, während 22 (23,9%) das Rauchen wieder aufgegeben haben.

Bei der subjektiven Einschätzung des Riechvermögens hatten die Probanden die Möglichkeit, ihre Sinnesleistung als besser, normal oder schlechter im Vergleich zu anderen einzuschätzen. Dabei waren neben der normalen Einstufung die Abstufungen „etwas besser“, „deutlich besser“ oder „sehr gut“ bzw. „etwas schlechter“, „deutlich schlechter“, „sehr schlecht“ oder „keine Riechwahrnehmung“ möglich.

Insgesamt 20 Probanden bewerteten ihr Riechvermögen schlechter als das anderer, wobei sich 4 Befragte als deutlich schlechter und ebenfalls 4 als sehr schlecht einstuften. Die anderen 12 Senioren schätzten sich etwas schlechter ein. Keiner der Probanden gab an, dass er keine Riechwahrnehmung mehr hätte. Insgesamt 9 Probanden waren der Meinung, besser riechen zu können als der Durchschnitt, wobei 4 von ihnen ein deutlich besseres Riechvermögen angaben. Die restlichen 63 Befragten schätzten ihre olfaktorische Leistungsfähigkeit als normal ein.

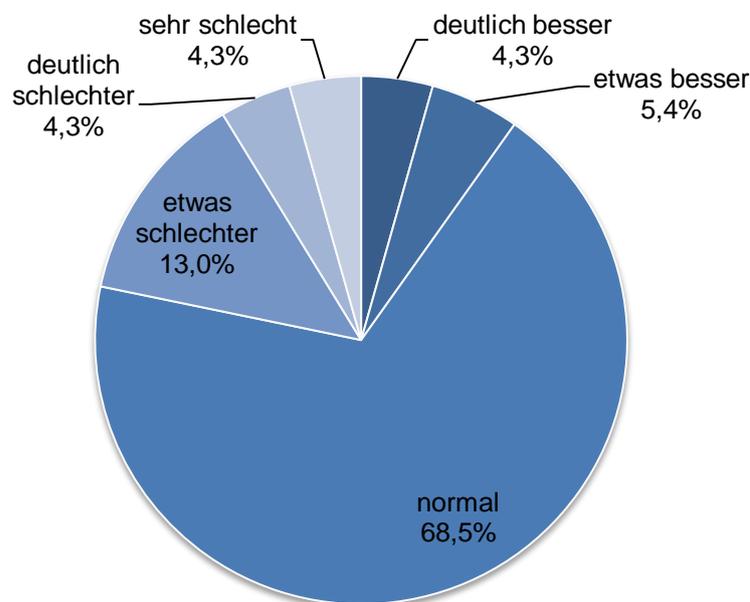


Abb. 9: Subjektive Einschätzung des Riechvermögens

Die Darstellung zeigt den prozentualen Anteil der Probanden in den einzelnen Kategorien der Selbsteinschätzung.

Bei der Berechnung der Pearson'schen Korrelation ergab sich ein signifikanter mäßiger Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung des Riechvermögens und den objektiv erhobenen Werten.

Tab. 4: Korrelationskoeffizienten mit Signifikanzwerten

Subj. Einschätzung korreliert mit	r	p
S	0,247	0,016
I	0,382	0,00
SI	0,367	0,00

Die Mittelwerte der mit den Sniffin' Sticks erhobenen Ausgangswerte unterschieden sich zwischen den beiden Gruppen kaum und sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Probanden lagen mit den erreichten Werten durchschnittlich deutlich unter den Normwerten der über 55jährigen und erreichten im Mittel nicht einmal die 25. Perzentile (siehe 5.3.3 *Geschlechtsspezifische Normwerte für Schwelle und Identifikation*). Sie sind damit als deutlich hyposmisch einzustufen. (Hummel et al. 2007b)

Tab. 5: Mittelwerte und Standardabweichung der mit den Sniffin' Sticks erhobenen Werte

		Training	Kontrolle
S	Mittelwert	4,00	3,90
	SD	3,23	2,65
I	Mittelwert	8,54	8,31
	SD	4,09	2,82
SI	Mittelwert	12,54	12,21
	SD	6,58	4,59

Der T-Test für unabhängige Stichproben wurde angewendet, um die Ausgangswerte der beiden Gruppen zu vergleichen. Dabei ergab sich weder für den S-Wert ($T(91) = -0,16$; $p = 0,87$) noch für den I-Wert ($T(68) = -0,31$; $p = 0,76$) oder die Summation aus beiden ($T(68) = -0,27$; $p = 0,79$) eine statistisch relevante Abweichung. Die beiden Gruppen hatten somit die gleiche Ausgangssituation.

6.4 Untersuchung des Trainingseffektes

Für die Untersuchung des Trainingseffekts wurden die Veränderungen der gemessenen Werte in der Trainings- und der Kontrollgruppe miteinander verglichen. Dazu wurde jeweils die Differenz zwischen dem zu Beginn der Studie und dem nach dem dreimonatigen Training erhobenen Wert verglichen. Hatte beispielsweise ein Proband beim ersten Untersuchungstermin einen S-Wert von 3,75 und beim zweiten einen S-Wert von 6,25, so wurde für die Berechnung der Wert 2,5 verwendet. Ein negativer Mittelwert bedeutet, dass sich die jeweiligen untersuchten Werte nach dem dreimonatigen Intervall in dieser Gruppe im Mittel verschlechtert haben.

Das Training verbesserte den Schwellenwert in der entsprechenden Gruppe im Mittel um 0,5 Punkte, während die Kontrollprobanden durchschnittlich eine Verschlechterung erzielten.

Beim Identifikationstest schnitten beide Gruppen im Vergleich zur ersten Untersuchung etwas schlechter ab.

Die Summation beider Werte ergab eine durchschnittliche Besserung des Riechvermögens in der Trainingsgruppe, während die Kontrollprobanden im Mittel an Riechleistung nachließen.

Tab. 6: Werte-Differenzen nach 3 Monaten

		Training	Kontrolle
S	Mittelwert	0,5	-0,19
	SD	1,95	1,98
I	Mittelwert	-0,18	-0,24
	SD	2,95	2,86
SI	Mittelwert	0,30	-0,43
	SD	3,32	3,71

Mit dem T-Test für unabhängige Stichproben wurden die Veränderungen der untersuchten Werte nach dem dreimonatigen Zeitintervall in beiden Gruppen verglichen. Während für den I-Wert ($T(90)=-0,10$; $p=0,92$) und den SI-Wert ($T(90)=-1,00$; $p=0,32$) kein signifikanter Unterschied zwischen den trainierten und den untrainierten Probanden nachgewiesen werden konnte, ergab sich für den S-Wert eine Tendenz ($T(90)=-1,68$, $p=0,096$) für eine wissenschaftlich belegbare Besserung dieses Werts.

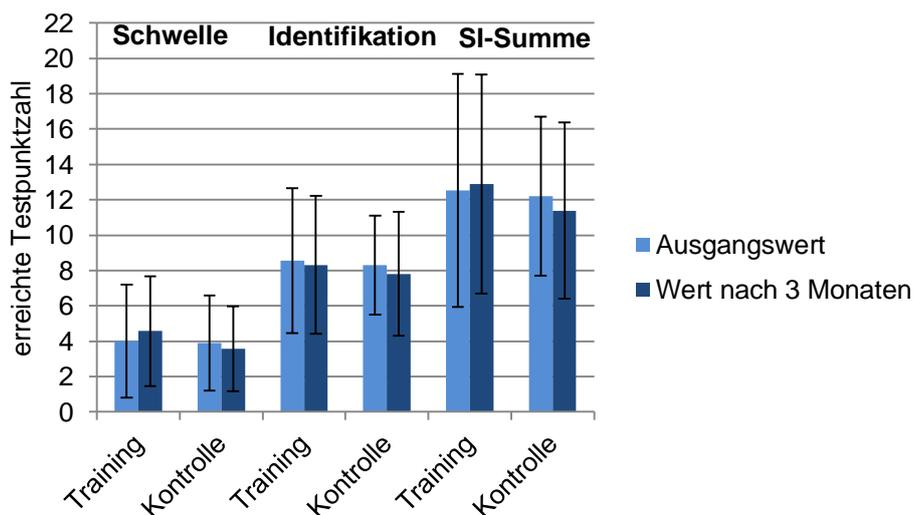


Abb. 10: Darstellung der Mittelwerte S, I und SI der beiden Gruppen vor und nach dem Training

Die Balken stellen die Werte S, I und SI der beiden Gruppen vor und nach dem Training dar.

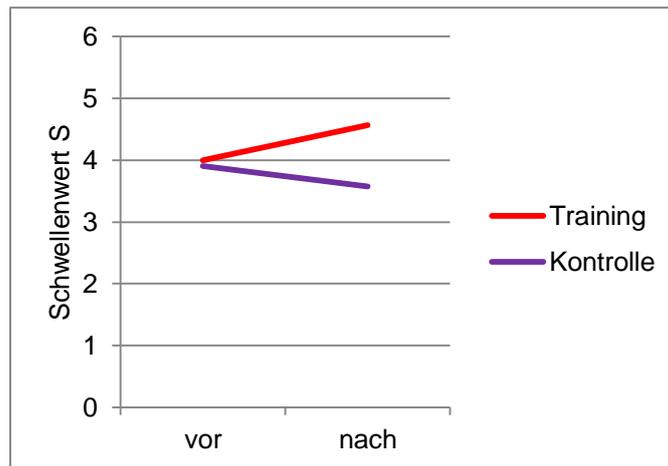


Abb. 11: Veränderung der S-Mittelwerte während des Trainingszeitraums

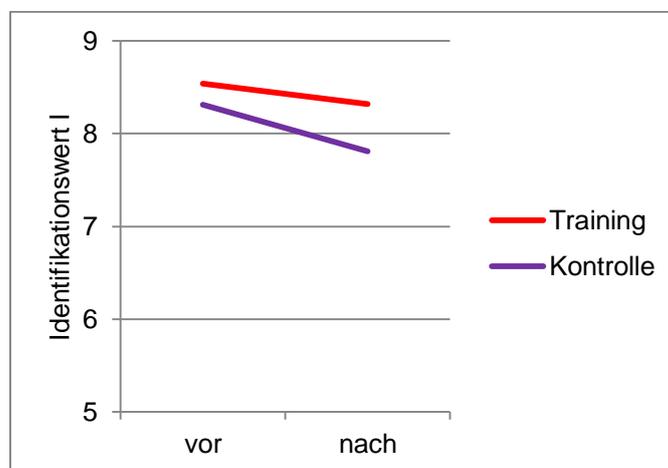


Abb. 12: Veränderung der I-Mittelwerte während des Trainingszeitraums

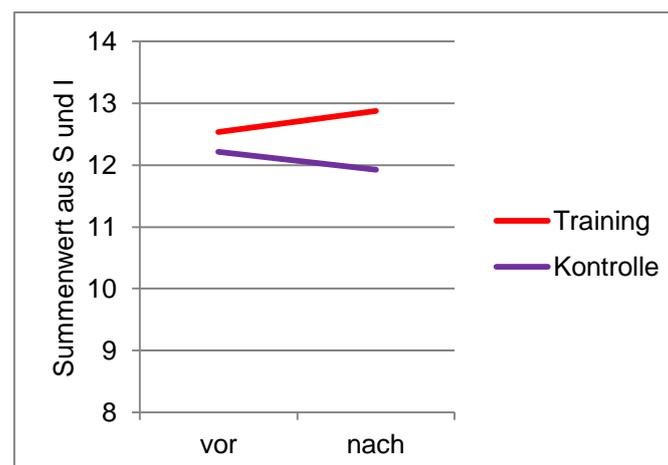


Abb. 13: Veränderung der SI-Mittelwerte während des Trainingszeitraums

Es wurden weiterhin Kreuztabellen zur Verdeutlichung der absoluten Besserung der Werte S und I angelegt. Dabei wurden als „schlechter“ bzw. „besser“ jeweils eine Veränderung um zwei Punkte oder mehr vom Ausgangswert definiert. Hatte also ein Proband bei der ersten Untersuchung einen S-Wert von 6 und bei der zweiten Untersuchung einen S-Wert von 9, so wurde er als „besser“ eingestuft, da die Differenz der beiden Werte mehr als 2 beträgt.

Tab. 7: Kreuztabelle für die absolute Besserung des S-Werts

	schlechter	unverändert	besser
Training	2	38	3
Kontrolle	7	39	3

Tab. 8: Kreuztabelle für die absolute Besserung des I-Werts

	schlechter	unverändert	besser
Training	12	22	9
Kontrolle	10	33	6

Die Riechschwelle konnten somit 7,0% der Trainingsprobanden absolut verbessern. 4,7% verschlechterten sich hingegen während des Trainingszeitraums. Bei den entsprechenden Kontrollprobanden besserten sich hingegen 6,1% in diesem Test und 14,2% verschlechterten sich um zwei oder mehr Punkte. Bei der Identifikationstestung verbesserten sich 20,9% der Trainierten absolut, allerdings wurden 27,9% dieser Gruppe schlechter. 12,2% der Kontrollprobanden identifizierten Gerüche nach drei Monaten definitiv besser, 20,4% wurden währenddessen schlechter.

6.5 Geschlechtsspezifische Betrachtung

6.5.1 Geschlechtsbezogene Betrachtung der Ausgangssituation

Die erreichten Mittelwerte der männlichen und weiblichen Studienteilnehmer unterschieden sich sowohl in der Trainings- als auch in der Kontrollgruppe kaum.

Tab. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Trainings- und Kontrollgruppe nach Geschlechtern

		Training		Kontrolle	
		männlich	weiblich	männlich	weiblich
S	Mittelwert	3,15	4,50	3,10	4,25
	SD	2,90	3,48	1,82	2,96
I	Mittelwert	8,00	8,57	8,17	8,19
	SD	3,42	4,35	3,15	2,75
SI	Mittelwert	11,15	13,08	11,27	12,44
	SD	5,78	6,84	3,76	4,71

Mithilfe des T-Tests für unabhängige Stichproben wurden die jeweiligen Geschlechter innerhalb der beiden Gruppen verglichen. Die folgende Tabelle verdeutlicht die Ergebnisse

des Tests. Ein Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Trainings- bzw. Kontrollgruppe konnte für keinen der drei untersuchten Ausgangswerte nachgewiesen werden.

Tab. 10: Signifikanz p des T-Tests für unabhängige Stichproben

	Training		Kontrolle	
	T (df)	Signifikanz p (2-seitig)	T (df)	Signifikanz p (2-seitig)
S	-1,31 (42)	0,197	-1,28 (53)	0,207
I	-0,45 (42)	0,654	-0,02 (53)	0,983
SI	-0,95 (42)	0,349	-0,79 (53)	0,433

6.5.2 Männliche Probanden

Die männlichen Probanden schnitten in allen drei Bereichen nach dem Training besser ab als die entsprechenden Kontrollprobanden. Die Studienteilnehmer der Kontrollgruppe zeigten im Mittel bei allen drei gemessenen Werten eine Verschlechterung der Riechleistung nach dem dreimonatigen Zeitintervall.

Tab. 11: Werte-Differenzen der Männer nach 3 Monaten

		Training	Kontrolle
S	Mittelwert	0,82	-0,70
	SD	1,30	1,99
I	Mittelwert	0,50	-1,45
	SD	2,92	2,62
SI	Mittelwert	1,32	-2,15
	SD	3,16	3,29

Der T-Test für unabhängige Stichproben ergab für die Veränderung des S-Wertes ($T(25)=-2,43$; $p=0,023$) und des SI-Wertes ($T(25)=-2,77$; $p=0,011$) jeweils einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Veränderung des I-Wertes ($T(25)=-1,78$; $p=0,087$) weist eine wissenschaftliche Tendenz für einen belegbaren Unterschied auf.

Tab. 12: Signifikanz p des T-Tests für unabhängige Stichproben (Männer)

	T (df)	Signifikanz p (2-seitig)
S-Differenz	-2,426 (25)	0,023
I-Differenz	-1,779 (25)	0,087
SI-Differenz	-2,766 (25)	0,011

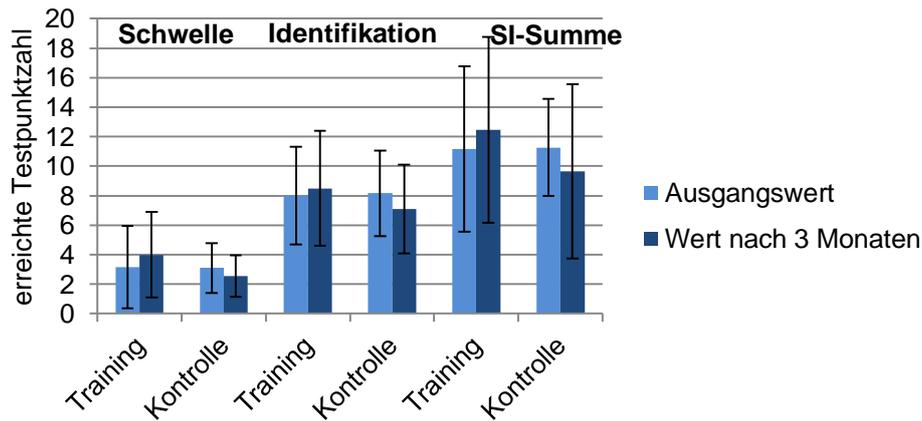


Abb. 14: Graphische Darstellung der Veränderung der Mittelwerte S, I und SI der Männer

Erneut wurden Kreuztabellen angelegt, um die absolute Veränderung des Riechvermögens darzustellen.

Tab. 13: Kreuztabelle für die absolute Besserung des S-Werts der Männer

	schlechter	unverändert	besser
Training	0	15	1
Kontrolle	2	8	1

Tab. 14: Kreuztabelle für die absolute Besserung des I-Werts der Männer

	schlechter	unverändert	besser
Training	3	9	4
Kontrolle	5	6	0

Nur 6,3% der Trainierenden, aber 9,1% der Kontrollprobanden konnten den Schwellenwert absolut verbessern. Im Gegensatz dazu verschlechterte sich allerdings keiner der Untersuchten aus der Trainingsgruppe, während 18,2% der Kontrollprobanden bei der Riechschwelle um zwei oder mehr Punkte nachließen. Bei der Identifikationstestung verbesserten sich 25,0% der Trainierten, allerdings wurden auch 18,8% dieser Gruppe absolut schlechter. Keiner der Kontrollprobanden identifizierte Gerüche nach drei Monaten besser, 45,5% wurden währenddessen schlechter.

6.5.3 Weibliche Probanden

Im Mittel wurden die Frauen in der Trainingsgruppe nach den 3 Monaten im Schwellentest besser als ihre Geschlechtsgenossinnen in der Kontrollgruppe, schnitten allerdings bei der Identifikation deutlich schlechter ab. Dadurch wurde natürlich auch der durchschnittliche SI-Wert in der Trainingsgruppe schlechter. Die Kontrollprobandinnen hingegen verbesserten ihre Identifikationsvermögen etwas.

Tab. 15: Werte-Differenzen der Frauen nach 3 Monaten

		Training	Kontrolle
S	Mittelwert	0,30	-0,04
	SD	2,25	1,98
I	Mittelwert	-0,59	0,10
	SD	2,95	2,86
SI	Mittelwert	-0,30	0,05
	SD	3,31	3,71

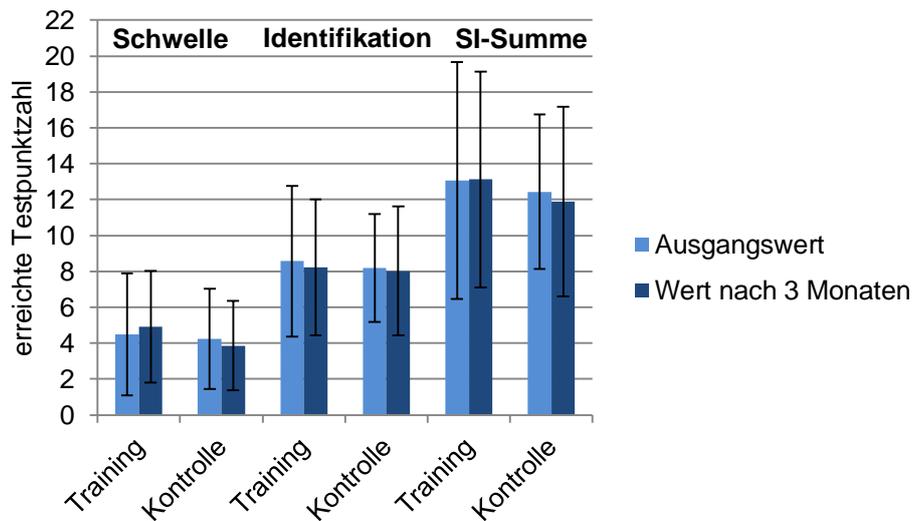


Abb. 15: Graphische Darstellung der Veränderung der Mittelwerte S, I und SI der Frauen

Der T-Test für unabhängige Stichproben ergab bei den Frauen für keinen der drei Werte einen signifikanten Unterschied (S: $T(63)=-0,66$; $p=0,51$; I: $T(63)=0,96$; $p=0,34$; $T(63)=0,41$; $p=0,69$).

Es wurden wiederum Kreuztabellen angelegt, um die absolute Veränderung der Werte S und I zu veranschaulichen.

Tab. 16: Kreuztabelle für die absolute Besserung des S-Werts der Frauen

	schlechter	unverändert	besser
Training	2	23	2
Kontrolle	5	31	2

Tab. 17: Kreuztabelle für die absolute Besserung des I-Werts der Frauen

	schlechter	unverändert	besser
Training	9	13	5
Kontrolle	5	27	6

7,4% der Trainingsteilnehmerinnen verbesserten sich in der Schwellentestung absolut. Ebenso viele verschlechterten sich allerdings auch. Vergleichend erreichten 5,3% der Kontrollprobandinnen einen um zwei oder mehr Punkte erhöhten Schwellenwert, während 13,2% sich verschlechterten. Bei der Identifikationstestung verbesserten sich 18,5% der Trainierenden, allerdings wurden auch 33,3% dieser Gruppe absolut schlechter. 15,8% der Kontrollprobandinnen identifizierte Gerüche nach drei Monaten definitiv besser und nur 13,2% wurden währenddessen schlechter.

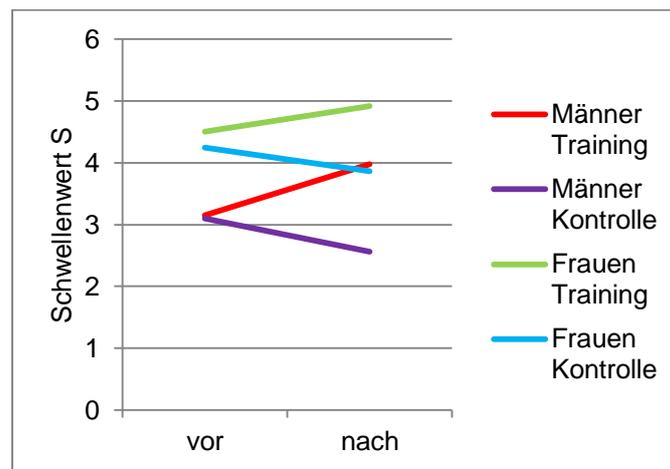


Abb. 16: Geschlechtsspezifische Betrachtung der Veränderung des S-Werts während des Trainingszeitraums

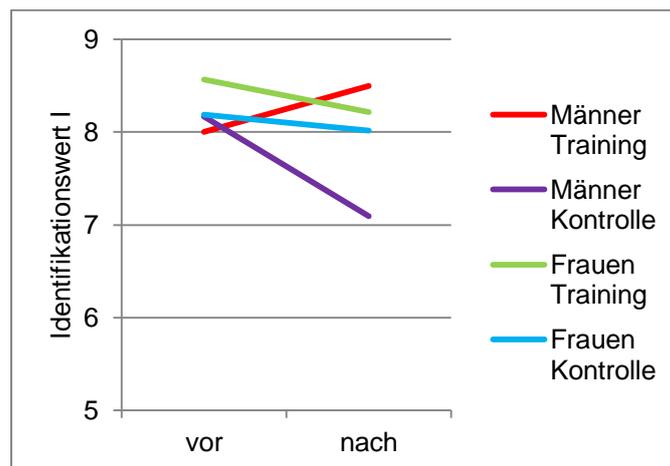


Abb. 17: Geschlechtsspezifische Betrachtung der Veränderung des I-Werts während des Trainingszeitraums

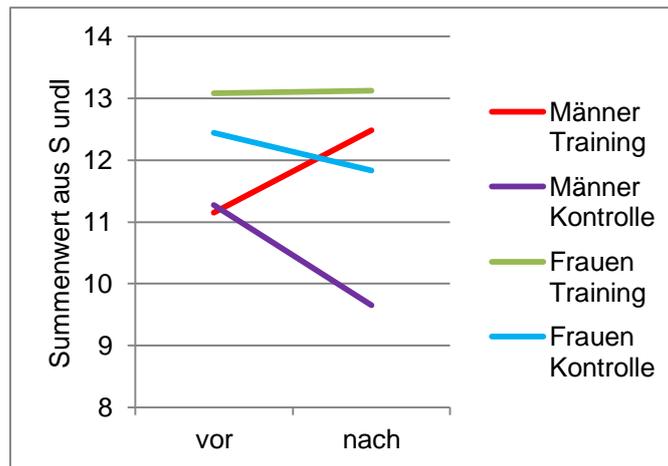


Abb. 18: Geschlechtsspezifische Gegenüberstellung der Veränderung des SI-Werts während des Trainingszeitraums

6.6 Subgruppen

Bei der zweiten Untersuchung wurden die Teilnehmer des Trainings gefragt, ob sie dieses während der drei Monate dauerhaft und vollständig absolviert oder ob sie nur unregelmäßig trainiert hatten. Dabei gaben 23 Probanden (53,5%) an, dass Training vollständig durchgeführt zu haben, während 20 (46,5%) nicht regelmäßig trainierten. So wurden in der Trainingsgruppe zwei Subgruppen gebildet.

Die beiden Subgruppen wurden auf Unterschiede hinsichtlich des Trainingseffektes untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass sich die Mittelwerte der Probanden, die konsequent trainierten, kaum von denen der unregelmäßig Trainierenden unterschied.

Tab. 18: Werte-Differenzen der Subgruppen nach 3 Monaten

		vollständiges Training	teilweises Training
S	Mittelwert	0,32	0,52
	SD	2,32	1,30
I	Mittelwert	0,09	-0,50
	SD	2,99	2,94
SI	Mittelwert	0,34	0,02
	SD	3,57	3,20

Der T-Test erbrachte keinen signifikanten Unterschied (S: $T(41)=0,34$; $p=0,74$; I: $T(41)=-0,65$; $p=0,52$; SI: $T(41)=-0,31$; $p=0,76$).

6.7 Befindlichkeit

Mit der Befindlichkeitsskala nach Zerssen wurde die aktuelle Stimmungslage der Probanden während des zweiten Untersuchungstermins eingeschätzt. 89 der 92 Probanden bearbeiteten diesen Fragebogen.

Der Großteil der Probanden (65,2%) konnte als ausgeglichen (32,6%) bzw. euphorisch (32,6%) eingestuft werden. 16,9% der Untersuchten waren bedrückt. Ebenso viele Probanden mussten als leicht bis mäßig depressiv eingestuft werden, 1,1% der Probanden galten als ausgesprochen depressiv.

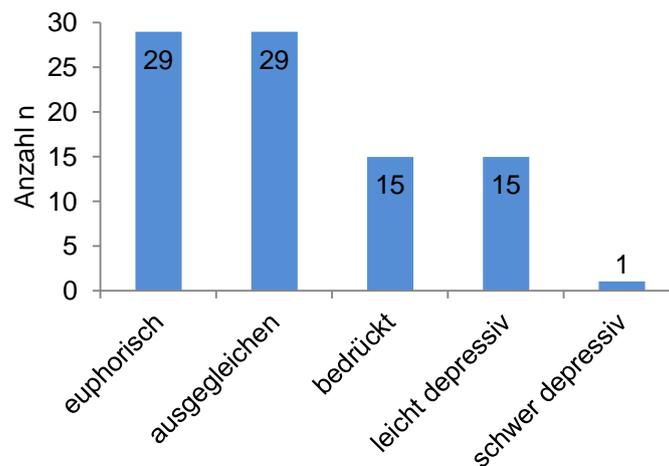


Abb. 19: Verteilung der Probanden in den Kategorien der Befindlichkeitsskala nach Zerssen

Die Zahlen in den Balken geben die Anzahl der Probanden, die der entsprechenden Gruppe zugordnet wurden, wieder.

Es konnte allerdings keine Korrelation der Stimmungslage mit den erhobenen Werten des zweiten Untersuchungstermins festgestellt werden.

7 Diskussion

7.1 Sensitivitätssteigerung durch Exposition in der Literatur

Schon häufiger wurde die Möglichkeit der olfaktorischen Leistungssteigerung durch Training mit durchaus positiven Ergebnissen untersucht.

So gibt es Studien, die belegen, dass eine wiederholte Exposition mit einem Geruch die Riechsensitivität steigert. (Rabin 1988; Wysocki et al. 1989; Youngentob & Kent 1995; Dalton et al. 2002; Hummel et al. 2004; Wang et al. 2004; Hummel et al. 2009)

Etwa 40 % der Erwachsenen sind z.B. trotz allgemein normaler Riechleistung nicht in der Lage, das Steroid Androstenon, einen Metaboliten des Sexualhormons Testosteron, zu riechen. Diese Menschen werden als partiell anosmisch bezeichnet. (Dalton et al. 2002; Hatt 2006)

Schon 1989 zeigten Wysocki et al., dass diese partiell anosmischen Menschen nach sechswöchiger, wiederholter Exposition mit Androstenon den Geruch wahrnehmen konnten. Die olfaktorische Sensitivität konnte also induziert werden. (Wysocki et al. 1989)

Weiterhin wurde bewiesen, dass Personen, die in Parfümerien arbeiten und somit ständig einer geruchsintensiven Umgebung ausgesetzt sind, ein deutlich besseres Diskriminationsvermögen als Kontrollpersonen zeigen. Das Diskriminationsvermögen verdeutlicht, wie gut verschiedene Düfte voneinander unterschieden werden können. Dazu scheint aber eine längere Exposition notwendig zu sein, denn als man die entsprechenden Kontrollprobanden einen Tag ebenfalls in geruchsintensiver Umgebung arbeiten ließ, konnte die Sensitivitätssteigerung nicht nachgewiesen werden. (Hummel et al. 2004)

Auch Rabin untersuchte Faktoren, die das Diskriminationsvermögen beeinflussen. Er stellte fest, dass Personen, die die Düfte, mit denen die spätere Testung durchgeführt wurde, vorher kennen lernten, deutlich besser in der Diskrimination waren. (Rabin 1988) Andere Studien zeigten ebenfalls einen entsprechenden Effekt. (Jehl et al. 1995) Der Bekanntheitsgrad eines Geruchs und die Gewöhnung an denselben hat also einen Einfluss darauf, wie gut dieser später von anderen unterschieden werden kann.

In einer weiteren Studie konnte ebenfalls ein Trainingseffekt gezeigt werden. Dabei wurden Probanden auf eine Fährtenuche geschickt, die nur mit dem Riechsinn absolviert werden sollte. Die übrigen Sinne der Untersuchten wurden durch Augenbinden, Kopfhörer etc. ausgeschaltet, so dass nur noch der Geruchssinn zur Verfolgung der Spur verwendet werden konnte. Dabei konnte in nur wenigen Tagen die Schnelligkeit der korrekten Fährtenverfolgung mehr als verdoppelt werden. (Porter et al. 2006)

2009 publizierten Hummel et al. Therapieerfolge nach einem zwölfwöchigen Training. Untersucht wurden Patienten vorwiegenden mittleren Alters, die an Riechstörungen unterschiedlicher Genese litten. Diese mussten, wie auch die Probanden der vorliegenden

Untersuchung, zweimal täglich an vier verschiedenen Düften riechen. Dabei konnte vor allem der Schwellenwert signifikant gesenkt werden. (Hummel et al. 2009)

7.2 Einschränkungen möglicher Trainingsversuche

Es gibt allerdings auch Studien, die einen Trainingseffekt nur mit gewissen Einschränkungen deutlich machen konnten.

Livermore und Hummel zeigten, dass eine länger andauernde Exposition mit Gerüchen einen gegenteiligen Effekt haben und zu einer Reduzierung der Sensitivität führen kann. (Livermore & Hummel 2004)

Es besteht also die Möglichkeit, dass sich das Geruchssystem an Reize, denen es lang ausgesetzt ist, gewöhnt. Diese Tatsache ist allgemein bekannt, empfindet man doch einen Geruch in einem Raum, den man eben betritt, als sehr stark, kann ihn aber nach wenigen Minuten nicht mehr wahrnehmen oder auch der Geruch des eigenen Parfums scheint schon nach kurzer Zeit verflogen.

Diesen Vorgang bezeichnet man als Adaptation. Das durch Rezeptorreizung in die Zelle einströmende Calcium, das zusammen mit Natrium die Depolarisation auslöst, verschließt bei hoher intrazellulärer Konzentration einen calciumaktivierten Chloridkanal, der eigentlich für eine zusätzliche Signalverstärkung verantwortlich ist. Durch diesen Verschluss wird der Kanal abgeschaltet und die Signalverstärkung fällt weg. Der Sinneseindruck verliert so an Stärke. (Hatt 2006)

Andere Untersuchungen wiesen zwar eine verbesserte Diskriminationsfähigkeit durch wiederholte Exposition nach, jedoch konnte dieser Effekt nur für Duftpaare, die sich in Qualität oder molekularem Aufbau ähnelten, gezeigt werden. Für Gerüche, die sich von dem exponierten Duft zu stark unterschieden, konnte keine Verbesserung verzeichnet werden. (Li et al. 2006) Teilweise konnte sogar nur für den exponierten Geruch eine Sensitivitätssteigerung aufgezeigt werden. (Wang et al. 2004)

Livermore und Laing untersuchten, wie viele Gerüche aus einem Duftgemisch herausgefiltert und unterschieden werden können. Dabei wurde nachgewiesen, dass nur ca. 3 bis 4 verschiedene Komponenten unterschieden werden konnten. Diese Fähigkeit konnte auch durch intensives Training nicht verbessert werden. (Livermore & Laing 1996) Es scheint also bei der Diskriminationsfähigkeit eine Limitierung zu geben.

Dalton et al. zeigten eine Steigerung der Geruchssensitivität für Benzaldehyd nach wiederholter Exposition nur bei Frauen in gebärfähigem Alter. Frauen in der Menopause sowie auch Männer zeigten keine Schwellensenkung für diesen Duft. Es wurde die Theorie aufgestellt, dass der Unterschied zwischen dem prä- und postmenopausalem Hormonhaushalt bei der Effektivität des Geruchstrainings eine Rolle spielt. (Dalton et al. 2002)

7.3 Mögliche Mechanismen der Sensitivitätssteigerung

Unabhängig von der unterschiedlichen Datenlage bleibt natürlich auch die Frage, welcher Mechanismus einer durch wiederholte Duftexposition gesteigerten Sensitivität zu Grunde liegt. Theoretisch kann dieser Effekt auf einer Änderung jedes Bereichs vom peripheren OR bis hin zu den zentralen höheren Hirnzentren beruhen.

Ob diese Plastizität nun peripher oder zentral verursacht wird, konnte bislang nicht eindeutig geklärt werden.

Wang et al. ließen z.B. Probanden ihren Geruchssinn erfolgreich mit Androstenon trainieren, wobei der Effekt, wie auch in anderen Studien, allerdings nur selektiv für diesen Duft war. Dabei wurden elektrische Potenziale aus dem olfaktorischen Epithel abgeleitet, die im Training signifikant gesteigert werden konnten. Diese Untersuchung scheint ein Hinweis für eine periphere Plastizität zu sein. (Wang et al. 2004)

Des Weiteren gibt es die Vermutung, dass die Integration der neu gebildeten ORN in das Riechepithel essentiell für den Trainingseffekt ist. (Bédard & Parent 2004) So soll die kurzzeitige wiederholte Reizdarbietung das Wachstum der ORN induzieren und außerdem die Expression der OR steigern. (Yee & Wysocki 2001; Hummel et al. 2009)

Außerdem zeigten Aktivitätsmessungen der Rezeptorantwort des OE bei riechtrainierten Ratten eine gesteigerte Aktivität der ORN, nachdem ein Riechtraining durchgeführt wurde. (Youngentob & Kent 1995) Auch diese Ergebnisse sprechen für periphere Veränderungen.

Allerdings gibt es auch Hinweise auf zentrale Mechanismen. Im Tierversuch konnten verstärkte synaptische Signale zwischen dem orbitofrontalen und dem piriformen Kortex bei Ratten nachgewiesen werden, die zuvor ein Riechtraining absolviert hatten. (Cohen et al. 2008)

Weiterhin konnten Mäuse, deren Glomeruli und axonale Verbindungen vom OE zum Bulbus olfactorius durch intranasal appliziertes Cadmium größtenteils zerstört wurden, ihre Riechleistung durch Training wiedererlangen, obwohl die Schädigungen am Nerven weiterhin bestanden. Man nahm an, dass das Training auf einer Plastizität der höheren Hirnregionen beruht, die auf die schwachen Reize der nicht untergegangenen Verbindungen reagieren. (Czarnecki et al. 2012)

Daly et al. präsentierten aufgrund tierexperimenteller Untersuchungen den Ansatz, dass die synaptischen Verschaltungen im Bulbus olfactorius nicht fix sondern trainingsbasiert veränderbar sind. Sie sollen sich also umformen und der Reizdarbietung anpassen können. (Daly et al. 2004)

Ein solcher Beleg für zentrale Plastizität konnte auch im Rahmen anderer Studien gezeigt werden. So konnten Therapieversuche bei chronischer Sinusitis einen Anstieg der Riechleistung hervorbringen. Gleichzeitig nahm dabei das Volumen des Bulbus olfactorius zu. (Gudziol et al. 2009)

Mainland et al. hingegen untersuchten gegenüber Androstenon partiell anosmische Probanden, in dem sie ein Nasenloch verschlossen und über das andere den Duft darboten. Dabei stellte sich heraus, dass später über beide Nasenlöcher das Androstenon gerochen werden konnte. Da beide *Regiones olfactoriae* auf peripherem Niveau nicht miteinander verschaltet sind, sprechen diese Ergebnisse eher für einen im Gehirn befindlichen Lernprozess, wobei hier die Autoren selbst zu bedenken geben, dass auch ein peripherer Mechanismus nicht ausgeschlossen werden kann. So besteht die Möglichkeit, dass periphere Rezeptoren im nicht exponierten Riechepithel durch ein zentrales Signal induziert wurden. (Mainland et al. 2002)

Andere Untersuchungen zeigten in Korrelation mit der verbesserten Riechleistung Signalanstiege in der fMRT, was wiederum für eine zentrale Plastizität spricht. (Li et al. 2006)

7.4 Diskussion der vorliegenden Studienergebnisse

7.4.1 Subjektive Bewertung des Riechvermögens

Die subjektive Bewertung des Riechvermögens ergab, dass 68,5% der Probanden ihr Riechvermögen als normal einstufen, obwohl die psychophysische Messung im Mittel bei den drei gemessenen Werten deutlich hyposmische Ergebnisse erbrachte. Trotzdem konnte ein signifikanter mäßiger Zusammenhang zwischen den subjektiven Angaben und den objektiv erhobenen Werten gezeigt werden.

Shu et al. zeigten in ihrer Studie zur Selbsteinschätzung des Riechvermögens, dass sich diese im Verlauf des Lebens nicht ändert. So schätzten sich in jeder der drei gebildeten Altersgruppen 85% bis 90% der Befragten als normal riechend ein. Bei den über 55-jährigen zeigten die objektiven Messungen jedoch bei über 30% eine Riechstörung. Diese Ergebnisse könnten damit zusammenhängen, dass man dazu geneigt ist, sich nicht an der Gesamtbevölkerung sondern an der eigenen „Peergroup“, also der Gruppe der Gleichaltrigen bzw. Gleichgestellten, zu orientieren. Damit schätzen sich Senioren mit Riechverlust im Vergleich zu anderen Älteren als normal riechend ein, da die Riechleistung in der „Peergroup“ an sich schlecht ist und die eigene sich somit von der der anderen nicht unterscheidet. (Shu et al. 2009)

Die Selbsteinschätzung erscheint somit zwar, wie auch in anderen Studien bereits verdeutlicht wurde (Murphy et al. 2002; Landis et al. 2003), als unzureichend und falsch, ist jedoch bei näherer Betrachtung nachvollziehbar.

In der vorliegenden Studie schätzen sich die Senioren somit offensichtlich als normal riechend im Vergleich zu ihren Altersgenossen ein. Der signifikante mäßige Zusammenhang mit den objektiven Testergebnissen wäre so zu erklären, dass die Probanden, die sich im Vergleich zu anderen schlechter einstufen, auch wirklich schlechtere Ergebnisse erzielten,

ungeachtet von der Tatsache, dass natürlich das gesamte Probandenkollektiv unterdurchschnittliche Werte erzielte.

Die Korrelation zwischen der Selbsteinschätzung und den objektiv gemessenen Werten könnte allerdings auch auf den Einfluss des vorhergehenden Aufklärungsgesprächs zurückzuführen sein.

Etwas Ähnliches haben auch Landis et al. in ihrer Studie festgestellt. Sie ließen Probanden ihren Riechsinn einschätzen und untersuchten diesen danach mit einer objektivierenden Testmethode. Dabei konnte kein Zusammenhang zwischen dem subjektiv und dem objektiv erhobenen Wert gezeigt werden. Veränderte man allerdings die Reihenfolge und untersuchte das Riechvermögen objektiv bevor man die Probanden um eine Selbsteinschätzung bat, so konnte eine signifikante Korrelation erzielt werden. (Landis et al. 2003)

In dem Aufklärungsgespräch, das vor der Befragung stattfand, wurde das Anliegen der Studie erläutert und dabei natürlich der Umstand erwähnt wurde, dass ältere Menschen häufig von einem Riechverlust betroffen sind. Diese Information könnte die Selbsteinschätzung beeinflusst haben.

Eine intakte Selbsteinschätzung ist gerade bei Störungen wie einem Riechverlust von großer Wichtigkeit, um überhaupt zu erkennen, dass man einen Arzt aufsuchen sollte. Somit erscheinen eine Sensibilisierung der Älteren und auch die Aufklärung über die hohe Inzidenz von Riechstörungen im Alter sinnvoll.

7.4.2 Untersuchung des Trainingseffekts

43 Probanden absolvierten das dreimonatige Riechtraining mit den verschiedenen Düften. Die Differenzen, die aus den erhobenen Werten S, I und SI vor und nach dem Training gebildet wurden, waren ausschlaggebend für die Ermittlung des Trainingseffekt.

Während sich die Probanden der Kontrollgruppe im Mittel bei den drei gemessenen Werten im Verlauf der drei Monate verschlechterten, konnte die Trainingsgruppe eine Steigerung des Mittelwerts der Schwelle um 0,5 Punkte ($\pm 1,95$ SD) erreichen. Dieses Ergebnis ist zwar nicht signifikant, zeigt aber die Tendenz ($p=0,096$), dass das Training einen positiven Effekt auf den S-Wert hat. Für den I- und den SI-Wert konnten keine statistisch relevanten Veränderungen nachgewiesen werden.

Bei der Schwellentestung stellt man die eben noch wahrnehmbare Konzentration eines Duftstoffes fest. Ein Absenken der Riechschwelle, also eine Verbesserung, ist mit dem Stufentest der Sniffin' Sticks leicht zu detektieren, da bei diesem Test 16 verschiedene Verdünnungen von PEA verwendet werden. Durch die Mittelung der vier letzten Wendepunkte ist schon eine leichte Verbesserung nachweisbar. Der Identifikationstest hingegen arbeitet mit stark überschwelligen Gerüchen und beruht darauf, ob ein Duft dem richtigen Ursprung zugeordnet, also identifiziert, werden kann. Dabei ist auch noch eine

größere kognitive Leistung notwendig, da der dargebotene Duft benannt werden muss. Weiterhin muss die Verbesserung der olfaktorischen Leistungsfähigkeit wahrnehmbar sein, um sich auch in diesem Test zu verbessern. Obwohl der T-Test für unabhängige Stichproben eine tendenzielle Besserung des Schwellenwerts durch ein Riechtraining nachweisen konnte, zeigt die Kreuztabelle, dass 7,0% der Trainierenden, aber auch 6,1% der Kontrollprobanden eine Besserung des Schwellenwerts erreichen konnten. Somit scheint der Unterschied zwischen Trainings- und Kontrollgruppe nicht so groß. Diese Tatsache entsteht dadurch, dass bei dem T-Test die Differenzen zwischen dem ersten und dem zweiten erhobenen Wert gemittelt wurden, während bei der Erstellung der Kreuztabelle diejenigen Probanden als besser eingestuft wurden, die eine Erhöhung des Schwellenwerts um mindestens 2 Punkte erreichten. Es wurde angenommen, dass diese absolute Besserung für den entsprechenden Probanden wahrnehmbar ist, wohingegen eine Verbesserung der Schwelle um 0,5 Punkte zwar messbar, aber eben wahrscheinlich noch nicht merkbar ist. Das Riechtraining hat also einen positiven Effekt auf die Riechschwelle, die Auswirkungen auf individueller Ebene sind in dieser Studie allerdings gering.

7.4.3 Geschlechtsspezifische Betrachtungen

Frauen riechen im Allgemeinen besser als Männer. Diese Tatsache wurde schon häufiger berichtet. (Doty et al. 1984; Wysocki & Gilbert 1989; Simmen et al. 1999; Hummel & Lötsch 2010; Hummel et al. 2011) So zeigten Frauen nicht nur bei psychophysischen Messungen bessere Ergebnisse (Ship & Weiffenbach 1993), auch chemosensorisch evozierte Potenziale waren bei Frauen aller Altersklassen größer als bei Männern. (Morgan et al. 1997; Hummel et al. 1998)

Mit der fMRT ließ sich nachweisen, dass die bei Frauen durch Düfte aktivierten Hirnareale deutlich größer sind als die bei Männern. (Yousem et al. 1999)

Auch in der vorliegenden Untersuchung zeigten die Frauen in beiden Gruppen bessere Leistungen bei der ersten Untersuchung als die Männer.

Weiterhin ist es auch das weibliche Geschlecht, welches stärker unter dem Verlust des Riechsinn leidet. (Frasnelli & Hummel 2005; Hummel & Nordin 2005; Shu et al. 2011)

Daher lag die Vermutung nahe, dass gerade die weiblichen Studienteilnehmer dem Training aufgeschlossen gegenüberstehen und gute Ergebnisse erzielen würden.

Nach dem dreimonatigen Training allerdings zeigten die Frauen der Trainingsgruppe lediglich bei der Riechschwelle eine geringfügige Besserung, während sie sich bei der Identifikationstestung und somit auch der Summe aus S- und I-Werten sogar verschlechterten. Die entsprechenden Kontrollprobandinnen hingegen verschlechterten sich nur beim S-Wert, wohingegen der I- und damit auch der SI-Wert besser wurden. Diese Ergebnisse erreichten jedoch nicht das festgelegte Signifikanzniveau.

Die Männer der Trainingsgruppe hingegen erzielten bei allen drei Werten eine Verbesserung (z.B. SI 1,32 \pm 3,16), während die männlichen Kontrollprobanden im Verlauf der drei Monate an Riechleistung nachließen (z.B. SI -2,15 \pm 3,29). Diese Ergebnisse waren für den S- und den SI-Wert signifikant ($p=0,023$ bzw. $p=0,011$). Für den I-Wert zeigte sich eine tendenzielle Besserung nach dem Training ($p=0,087$).

Diese Ergebnisse sind aufgrund der eigentlich besseren Riechleistung von Frauen überraschend. Gründe für diese Resultate konnten nicht gefunden werden. So zeigten Dalton et al. in ihrer Studie zwar, dass nur Frauen in reproduktivem Alter ihre Riechleistung trainieren konnten, jedoch waren dort auch die Männer nicht trainierbar. In der vorliegenden Untersuchung wurden ausschließlich Senioren betrachtet, so dass eine Überprüfung dieser Hypothese nicht möglich ist und ohnehin keine Erklärung für die bessere Leistung der Männer bieten würde. (Dalton et al. 2002)

Auch bei der Betrachtung der männlichen Probanden gibt es zwischen den Ergebnissen des T-Tests und den Kreuztabellen eine erhebliche Diskrepanz. So verbesserten prozentual weniger Trainings- als Kontrollprobanden ihre Riechschwelle absolut (6,3% bzw. 9,1%). Dies ist, ebenso wie bei den oben erläuterten Ergebnissen, auf die Verwendung unterschiedlicher Werte bei der Berechnung zurückzuführen. Trotzdem sollte beachtet werden, dass keiner der Probanden der Trainingsgruppe nach drei Monaten einen um mindestens 2 Punkte schlechteren Schwellenwert hatte, während dies bei immerhin 18,2% der Kontrollprobanden der Fall war. Weiterhin profitierte ein Viertel der männlichen Probanden von dem Training im Rahmen einer verbesserten Identifikationsleistung.

Zusammenfassend scheinen also vor allem Männer von einem Riechtraining zu profitieren und dadurch bestimmte Aspekte ihres Riechvermögens verbessern zu können.

7.4.4 Subgruppen

Nicht alle Probanden absolvierten das Riechtraining konsequent bis zum Ablauf der Studie. 46,5% trainierten nicht immer entsprechend der Vorgaben und gaben als Grund hierfür vor allem mangelnde Motivation und Vergesslichkeit an. Daher wurde die Trainingsgruppe in zwei Subgruppen unterteilt, um zu untersuchen, ob diese Unregelmäßigkeiten einen Einfluss auf den Trainingserfolg hatten. Die Probanden, die nur teilweise trainierten, zeigten zwar im Trainingsverlauf eine Verschlechterung des Identifikationsvermögens, ihre Schwellenwerte unterschieden sich jedoch kaum von denen, die konstant trainierten. Ein signifikanter Unterschied konnte hierbei nicht nachgewiesen werden. Das Riechtraining nicht immer gewissenhaft durchzuführen, scheint, zumindest nach den vorliegenden Ergebnissen, somit keinen stark negativen Einfluss auf dessen Erfolg zu haben.

7.4.5 Befindlichkeit

Während des zweiten Untersuchungstermins wurde mithilfe der Befindlichkeitsskala nach Zerssen die aktuelle Stimmungslage der Probanden ermittelt. Die Befindlichkeitsskala ist zwar nicht geeignet, Depressionen zu diagnostizieren, kann aber den momentanen emotionalen Zustand des Untersuchten widerspiegeln und somit eventuell einen Hinweis auf eine möglicherweise vorliegende Depression geben.

Depressionen im Alter sind häufig. In einer Berliner Studie konnte eine Prävalenz von 26,9% bei über 70-jährigen ermittelt werden. Somit ist die Depression dort die zweithäufigste psychiatrische Erkrankung, von der Frauen signifikant häufiger betroffen sind. (Linden et al. 1998)

Ein Zusammenhang zwischen Depression und reduzierter olfaktorischer Sensitivität konnte bereits in früheren Studien nachgewiesen werden. So soll die Punktzahl im psychologischen Testverfahren BDI negativ mit dem ermittelten Schwellenwert korrelieren. Eine hohe Punktzahl im BDI bedeutet dabei eine schwere Depression, während ein niedriger Schwellenwert eine schlechte Riechleistung beschreibt. (Pause et al. 2001) Sogar bei gesunden Probanden ohne diagnostizierte Depression, die nur temporär an einer depressiven Verstimmung leiden, hängt der Grad dieser Verstimmung mit einer Verschlechterung der Riechleistung zusammen. (Pollatos et al. 2007)

Daher sollte auch in der vorliegenden Studie ein möglicher Zusammenhang zwischen der Stimmungslage und den erhobenen Werten des Riechtest geprüft werden. Da die Befindlichkeitsskala nur die aktuelle Stimmungslage widerspiegelt, wurden zur Korrelationsberechnung die untersuchten S-, I- und SI-Werte des zweiten Untersuchungstermins herangezogen, da sie unmittelbar nach der Befindlichkeitsprüfung ermittelt wurden.

Mehr als die Hälfte der Probanden in der vorliegenden Studie konnte mithilfe der Befindlichkeitsskala nach Zerssen als mindestens ausgeglichen eingestuft werden.

Eine Korrelation mit den Werten der Sniffin' Sticks war nicht nachweisbar. Die Stimmungslage der Probanden hatte demnach keine Auswirkungen auf die olfaktorische Sensitivität.

7.4.6 Faktoren, die das Ergebnis beeinflusst haben könnten

Die Ergebnisse der hier durchgeführten Studie erbrachten eine tendenzielle Besserung des Riechvermögens durch Riechtraining bei Senioren. Vor allem die signifikanten Ergebnisse der teilnehmenden männlichen Probanden sind hierfür verantwortlich. Dabei tut sich natürlich die Frage auf, welche Faktoren ein besseres Gesamtergebnis verhindert haben könnten.

Bei den teilnehmenden Probanden handelte es sich ausschließlich um Senioren, die sich ihres Riechverlusts zum Großteil nicht bewusst waren (68,5%). Wie bereits erwähnt, schätzten sich viele der Untersuchten als normal riechend ein, da sie sich offenbar bei ihrer Bewertung an der „Peergroup“ der Senioren orientierten. Trotzdem lagen die untersuchten Probanden im Mittel deutlich unter der 25. Perzentile der Normwerte von über 55-jährigen. Durch das fehlende Bewusstsein über die Störung hatte auch noch keiner der Probanden ärztliche Hilfe diesbezüglich gesucht, was natürlich auch mit der bereits erwähnten mangelnden Aufklärung über dieses Thema zusammenhängt. Ob Betroffene derselben Altersgruppe, denen ihre Sensibilitätsminderung bekannt ist und die sich dadurch entsprechend gestört fühlen, einen größeren Effekt eines Riechtrainings erzielen würden, bleibt offen.

Möglicherweise verhindert aber auch der Zustand des senilen OE eindeutigere Ergebnisse. So wurde in der vorliegenden Studie zwar ein Trainingszeitraum von drei Monaten gewählt, der auch ausreichend sein sollte, falls der Verbesserung eine gesteigerte Neubildung der ORN aufgrund wiederholter Exposition zu Grunde liegt. Die nachlassende Regenerationsfähigkeit im Alter könnte jedoch dazu führen, dass das Intervall zur Erneuerung der Riehzellen verlängert wird. So hätte das Training möglicherweise länger durchgeführt werden müssen, um genügend ORN nachzubilden und so einen signifikanten Effekt zu generieren.

Des Weiteren muss auf den oben beschriebenen Ersatz des OE durch respiratorisches verwiesen werden. Sollte der Sensibilitätssteigerung durch Training wirklich ein peripherer Mechanismus im Bereich des Epithels zu Grunde liegen, so besteht möglicherweise mit steigendem Alter nicht mehr die Kapazität für eine merkliche olfaktorische Leistungssteigerung.

Auch die erwähnte Verknöcherung der Öffnungen in der Lamina cribrosa darf nicht außer Acht gelassen werden. Falls das senile OE durch wiederholte Exposition eventuell doch neue ORN bilden sollte, so finden diese möglicherweise keinen Zugang zum Bulbus olfactorius, können diesen nicht innervieren und das Training bleibt ohne Effekt.

Wie Mackay-Sim et al. im Jahr 2006 zeigten, sind äußere Einflüsse nicht nur geringfügig am Riechverlust im Alter beteiligt. Dabei wurden frühere Erkrankungen der Nase und der oberen Luftwege sowie auch die Einnahme von Medikamenten als Faktoren identifiziert, die die Riechleistung mindern können. (Mackay-Sim et al. 2006) In der vorliegenden Studie gaben ein Drittel der Probanden an, an regelmäßigen HNO-relevanten Erkrankungen zu leiden oder gelitten zu haben und ein Fünftel der Befragten gab an, schon einmal im Kopfbereich operiert worden zu sein. Nahezu alle Studienteilnehmer nahmen Medikamente ein, ein Umstand, der im Alter nicht sehr ungewöhnlich ist. So könnten diese externen Einflüsse auch die Trainingserfolge negativ beeinflusst haben.

Die für die Riechproben verwendeten Düfte wurden nach Hennings Geruchsprisma ausgewählt. Jeder der vier Düfte - Zitrone, Eukalyptus, Rose und Nelke – besetzt eine Seite der Basis des Geruchsprismas nach Henning. Damit sollte eine gewisse Vielfalt gewährleistet sein. Weiterhin stimuliert ein Duftmolekül, wie bereits erläutert, verschiedene OR. Die Riechproben sollten somit eine möglichst große Zahl von Rezeptoren ansprechen. Möglicherweise hätten die Riechproben eine noch größere Anzahl an Düften beinhalten müssen, um einen umfassenden Erfolg zu bewirken. Eine größere Anzahl an Riechproben würde ein Riechtraining jedoch gerade für ältere Personen verkomplizieren und deren Motivation zur Durchführung wahrscheinlich mindern.

8 Fazit

Der Verlust des Riechvermögens im Alter ist kein seltenes Phänomen. Von den Betroffenen häufig unerkannt, führen die Funktionseinbußen trotzdem zu Schwierigkeiten in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens. Diese Auswirkungen können sogar in Störungen des Ernährungszustandes und der Entwicklung einer Depression resultieren. Daher muss eine breite Aufklärung über das Auftreten von Riechstörungen im Alter betrieben und Betroffene sowie Gefährdete sensibilisiert und vor möglichen Konsequenzen gewarnt werden.

Die Ursache dieser Riechstörung lässt sich nicht eindeutig festlegen. Vielmehr scheinen verschiedene Faktoren in allen Bereichen der Verarbeitung von Düften vom peripheren Epithel bis hin zu den höheren Hirnzentren eine kausale Rolle zu spielen. Daher ist auch eine Therapie gerade bei diesem älteren Patientengut sehr schwierig.

Die vorliegende Studie zeigt, dass ein dreimonatiges Riechtraining tendenziell zu einer Verbesserung des Riechvermögens im Alter führen kann. Vor allem die männlichen Probanden profitieren von dieser alternativen Therapiemethode durch eine Verbesserung ihrer Riechschwelle.

Ein Riechtraining für ältere Hyp- bzw. Anosmiker scheint demnach zu helfen, bestimmte Aspekte der olfaktorischen Funktion zu verbessern. Allerdings sind diese Effekte gewissen Schwankungen ausgesetzt und ein Erfolg muss wahrscheinlich schlicht und einfach für jeden Betroffenen, der die entsprechende Motivation zeigt, individuell getestet und abgewartet werden.

Zusammenfassung

Im Allgemeinen lässt die Riechfunktion im Alter nach. Die Hälfte der über 65-jährigen weist eine Hyposmie auf. Der Verlust hat eine multikausale Genese und führt zu unterschiedlichen Problemen im alltägliche Leben, die auch in der Entwicklung einer Depression resultieren können. Es wurde untersucht, ob das Riechvermögen durch wiederholte kurze Exposition mit einer spezifischen Auswahl von Düften verbessert werden kann. Für diese Studie zum Einfluss eines Riechtrainings wurden 104 Probanden mit einem mittleren Alter von 81 Jahren rekrutiert. Aufgrund von Ausfällen lagen den Berechnungen 92 Probandendatensätze zugrunde. Nach einer kurzen strukturierten Anamnese und dem Ausschluss demenzieller Syndrome mithilfe des Mini-Mental-Status-Tests, wurden die Riechschwelle für Phenylethylalkohol und das Identifikationsvermögen unter Verwendung der Sniffin' Sticks vor und nach dem Training untersucht. Die Probanden wurden außerdem gebeten, ihr Riechvermögen subjektiv einzuschätzen. 43 Freiwillige nahmen an dem Riechtraining teil. Das Training dauerte drei Monate und wurde mit vier verschiedenen Düften (Rose, Zitrone, Nelke, Eukalyptus) durchgeführt, die anhand des Geruchsprismas nach Henning ausgewählt wurden. Außerdem wurde die Befindlichkeitsskala nach Zerssen zur Einschätzung der aktuellen Stimmungslage am zweiten Termin bearbeitet.

Die Ergebnisse deuten einen tendenziellen Effekt des Trainings auf die Riechschwelle an ($p=0,096$), geben aber keine signifikante Änderung des Identifikationsvermögen wieder. Absolute Verbesserung, also einen Anstieg um 2 oder mehr Lösungsstufen des Schwellentests, erreichten 7,0% der Trainingsprobanden, während sich 4,7% verschlechterten. Respektive waren es in der Kontrollgruppe 6,1% bzw. 14,2.

In der geschlechtsspezifischen Betrachtung stellte sich heraus, dass nur die Männer ihr Riechvermögen durch Training verbesserten. Bei ihnen hatte das Riechtraining einen signifikanten Effekt auf die Riechschwelle ($p=0,023$) und einen tendenziellen Effekt auf das Identifikationsvermögen ($p=0,087$). Die Summe der Werte änderte sich ebenfalls signifikant ($p=0,011$).

Es gab keine Korrelation des Riechvermögens mit der aktuellen Stimmungslage.

Die Selbsteinschätzung korrelierte signifikant mit den objektiv erhobenen Werten ($p=0,016$ bzw. $p=0,00$).

Zusammenfassend deuten die vorliegenden Ergebnisse einen positiven Effekt des Riechtrainings im Alter auf einige Aspekte des Riechvermögens an. Dieser muss allerdings individuell getestet und abgewartet werden.

Abstract

As a rule, olfactory function decreases in old age. Half of the people aged 65 years and more show hyposmia. This loss is of multicausal origin and leads to various problems in daily life which can result in the development of depression. It was analyzed whether the ability to smell could be improved by repeated, short-term exposure to a specific set of odorants. For this study on the effects of smell training 104 subjects with an average age of 81 years have been recruited. Because of dropping out 92 datasets were used for data analysis. Following a structured, short medical history and exclusion of dementia based on results from the mini-mental-state-examination, odor thresholds for phenyl ethyl alcohol and scores in an odor identification task were determined by Sniffin' Sticks before and after the training. Furthermore participants were requested to evaluate their sense of smell. 43 volunteers participated in the smell training. The training took three months using four different odors (rose, lemon, cloves, eucalyptus), that had been selected according to the smell prism described by Henning. Furthermore the Zerssen mood scale was used to assess the current mood state on second examination date.

Results indicated that training had tendential effects on odor threshold ($p=0,096$) while it did not translate into a major change of odor identification scores. Absolutely improvement, therefore an increase by 2 or more dilution steps, reached 7,0% of the training group, while 4,7% impaired. For subjects not performing the training these numbers were 6,1% and 14,2%, respectively.

The gender-related consideration showed that only men improved olfactory function by smell training. Here, the training had significant effects on odor threshold ($p=0,023$) and tendential effects on ability of odor identification ($p=0,087$). The sum of the measured values also changed significantly ($p=0,011$).

There was no correlation between the ability to smell and the current mood state.

The self-evaluation correlated significantly with the objective collected data ($p=0,016$ resp. $p=0,00$).

In conclusion, the present data indicates that olfactory training in the elderly may help to improve aspects of olfactory function. However, this effect needs to be explored further.

Literaturverzeichnis

Aschenbrenner K, Hummel C, Teszmer K, Krone F, Ishimaru T, Seo HS, Hummel T (2008) The influence of olfactory loss on dietary behaviors. *Laryngoscope* 118(1):135–144

AWMF online (2007) Riechstörungen. Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie. AWMF-Leitlinienregister Nr. 017/050

Beck C (2006) Der Duft der Gene. Was bei der Partnerwahl wirklich entscheidet. *BIOMAX* 20:1-4

Bédard A, Parent A (2004) Evidence of newly generated neurons in the human olfactory bulb. *Dev Brain Res* 151(1-2):159–168

Bhatnagar KP, Kennedy RC, Baron G, Greenberg RA (1987) Number of mitral cells and the bulb volume in the aging human olfactory bulb. A quantitative morphological study. *Anat Rec* 218:73–87

Bianchet MA, Bains G, Pelosi P, Pevsner J, Snyder SH, Monaco HL, Amzel LM (1996) The three-dimensional structure of bovine odorant binding protein and its mechanism of odor recognition. *Nat Struct Biol* 3(11):934–939

Blomqvist E, Brämerson A, Stjärne P, Nordin S (2004) Consequences of olfactory loss and adopted coping strategies. *Rhinology* 43:189-194

Boenninghaus HG, Lenarz T (2001) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde für Studierende der Medizin. 11. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg

Boenninghaus HG, Lenarz T (2007) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 13. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg

Brämerson A, Nordin S, Bende M (2007) Clinical experience with patients with olfactory complaints, and their quality of life. *Acta Otolaryngol* 127(2):167–174

Buck LB (2004) Olfactory receptors and odor coding in mammals. *Nutr Rev* 62(11):184–188

Cain WS, Stevens JC (1989) Uniformity of olfactory loss in aging. *Ann N Y Acad Sci* 561:29–38

Chen Y, Getchell T, Sparks D, Getchell M (1993) Patterns of adrenergic and peptidergic innervation in the human olfactory mucosa. Age-related trends. *J Comp Neurol* 334:104-116

Cohen Y, Reuveni I, Barkai E, Maroun M (2008) Olfactory learning-induced long-lasting enhancement of descending and ascending synaptic transmission to the piriform cortex. *J Neurosci* 28(26):6664-6669

Crum RM, Anthony JC, Bassett SS, Folstein MF (1993) Population-based norms for the mini-mental state examination by age and education level. *JAMA* 269(18):2386–2391

Czarnecki LA, Moberly AH, Turkel DJ, Rubinstein T, Pottackal J, Rosenthal MC, McCandlish E, Buckley B, McGann JP (2012) Functional rehabilitation of cadmium-induced neurotoxicity despite persistent peripheral pathophysiology in the olfactory system. *Toxicol Sci* 126(2):534-544

Dalton P, Doolittle N, Breslin PAS (2002): Gender-specific induction of enhanced sensitivity to odors. *Nat Neurosci* 5(3):199–200

Daly KC, Christensen TA, Lei H, Smith BH, Hildebrand JG (2004) Learning modulates the ensemble representations for odors in primary olfactory networks. *Proc Natl Acad Sci USA* 101(28):10476–10481

Damm M, Temmel A, Welge-Lüssen A, Eckel HE, Kreft MP, Klusmann JP, Gudziol H, Hüttenbrink KB, Hummel T (2004) Riechstörungen. *Epidemiologie und Therapie in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. *HNO* 52(2):112–120

Davidson TM, Jallowayski A, Murphy C, Jacobs RD (1987) Evaluation and treatment of smell dysfunction. *West J Med* 146(4):434–438

Delank KW (1998) Subjektive und objektive Methoden zur Beurteilung der Riechfunktion. *HNO* 46:182-190

Doty RL, Shaman P, Kimmelman CP, Dann MS (1984) University of Pennsylvania smell identification test. A rapid quantitative olfactory function test for the clinic. *Laryngoscope* 94(2):176-178

Doty RL, Shaman P, Applebaum SL, Giberson R, Siksorski L, Rosenberg L (1984) Smell identification ability. Changes with age. *Science* 226(4681):1441-1443

Duffy VB, Backstrand JR, Ferris AM (1995) Olfactory dysfunction and related nutritional risk in free-living, elderly women. *J Am Diet Assoc* 95:879–884

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) Mini-mental state. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 12:189–198

Frasnelli J, Hummel T (2005) Olfactory dysfunction and daily life. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 262(3):231–235

Graziadei PPC (1973) Cell dynamics in the olfactory mucosa. *Tissue Cell* 5(1):113–131

Graziadei PPC, Levine RR, Monti Graziadei GA (1979) Plasticity of connections of the olfactory sensory neuron. Regeneration into the forebrain following bulbectomy in the neonatal mouse. *Neuroscience* 4(6):713-727

Graziadei PPC, Monti Graziadei GA (1983) Regeneration in the olfactory system of vertebrates. *Am J Otolaryngol* 4: 228–233

Gudziol V, Buschhüter D, Abolmaali N, Gerber J, Rombaux P, Hummel T (2009) Increasing olfactory bulb volume due to treatment of chronic rhinosinusitis. A longitudinal study. *Brain* 132(11):3096–3101

Hatt H (2006) Geruch. In: Schmidt RF, Schaible HG (Hrsg.) *Neuro- und Sinnesphysiologie*. 5. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 340-351

Hatt H (2010) Geschmack und Geruch. In: Schmidt RF, Lang F, Heckmann M (Hrsg.) *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*. 31. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 386–400

Henning H (1916) *Der Geruch*. Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig

Hinds J, Hinds P, McNelly N (1984) An autoradiographic study of the mouse olfactory epithelium. Evidence for long-lived receptors. *Anat Rec* 210:375-383

Hoffmann TK, Wagenmann M, (2005) Klinik und Therapie der Altersnase. *Apothekenmagazin* 23(10):244–251

Hummel T, Sekinger B, Wolf SR, Pauli E, Kobal G (1997) “Sniffin’ Sticks”. Olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chem Senses* 22(1):39–52

Hummel T, Barz S, Pauli E, Kobal G (1998) Chemosensory event-related potentials change with age. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 108:208-217

Hummel T, Guel H, Delank W (2004) Olfactory sensitivity of subjects working in odorous environments. *Chem Senses* 29(6):533–536

Hummel T, Nordin S (2005) Olfactory disorders and their consequences for quality of life. *Acta Otolaryngol* 125(2):116–121

Hummel T, Hähner A, Witt M, Landis BN (2007a) Die Untersuchung des Riechvermögens. *HNO* 55(10):827–838

Hummel T, Kobal G, Gudziol H, Mackay-Sim A (2007b) 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, Rissom K, Reden J, Hähner A, Weidenbecher M, Hüttenbrink KB (2009) Effects of olfactory training in patients with olfactory loss. *Laryngoscope* 119(3):496–499

Hummel T, Lötsch J (2010) Prognostic factors of olfactory dysfunction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 136(4):347–351

Hummel T, Stuck BA (2010) Therapie von Riechstörungen. *HNO* 58(7):656–660

Hummel T, Landis BN, Hüttenbrink KB (2011) Störungen des Riechens und Schmeckens. *Laryngo Rhino Otol* 90(S01):S44–S55

Jehl C, Royet JP, Holley A (1995) Odor discrimination and recognition memory as a function of familiarization. *Percept Psychophys* 57(7):1002–1011

Kahle W, Frotscher M (2002) Nervensystem und Sinnesorgane. 8., korr. Auflage. Thieme, Stuttgart

Kebeck G (1997) Wahrnehmung. Theorien, Methoden und Forschungsergebnisse der Wahrnehmungspsychologie. 2. Auflage. Juventa-Verlag, Weinheim

Klimek L, Moll B, Kobal G (2000) Riech- und Schmeckvermögen im Alter. *Dtsch Ärztebl* 97(14):A911–A918

Kobal G, Hummel T, Sekinger B, Barz S, Roscher S, Wolf S (1996) "Sniffin' Sticks". Screening of olfactory performance. *Rhinology* 34(4):222-226

Kobal G, Klimek L, Wolfensberger M, Gudziol H, Temmel A, Owen CM, Seeber H, Pauli E, Hummel T (2000) Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 257:205-211

Kremer S, Bult J, Mojet J, Kroeze J (2007) Compensation for age-associated chemosensory losses and its effect on the pleasantness of custard dessert and tomato drink. *Appetite* 48:96-103

Krmpotic-Nemanic J (1969) Presbycusis, presbystasis and presbyosmia as consequences of the analogous biological process. *Acta Otolaryngol* 67:217–223

Landis BN, Hummel T, Hugentobler M, Giger R, Lacroix JS (2003) Ratings of overall olfactory function. *Chem Senses* 28(8):691–694

Landis BN, Konnerth CG, Hummel T (2004) A study on the frequency of olfactory dysfunction. *Laryngoscope* 114:1764–1769

Larsson M, Farde L, Hummel T, Witt M, Lindroth NE, Bäckman L (2009) Age-related loss of olfactory sensitivity. Association to dopamine transporter binding in putamen. *Neuroscience* 161(2):422–426

Li W, Luxenberg E, Parrish T, Gottfried JA (2006) Learning to smell the roses. Experience-dependent neural plasticity in human piriform and orbitofrontal cortices. *Neuron* 52(6):1097–1108

Linden M, Krautzig E (1981) Befindlichkeitsmessung in kurzzeitigen Abständen. Ein experimenteller Beitrag zur Validierung der Befindlichkeitsskala (Bf-S) nach v. Zerssen. *Pharmakopsychiatr* 14: 40–41

Linden M, Kurtz G, Baltes MM, Geiselman B, Lang FR, Reischies FM, Helmchen H (1998) Depression bei Hochbetagten. Ergebnisse der Berliner Altersstudie. *Nervenarzt* 69:27-37

Livermore A, Laing DG (1996) Influence of training and experience on the perception of multicomponent odor mixtures. *J Exp Psychol* 27(2): 267–277

Livermore A, Hummel T (2004) The influence of training on chemosensory event-related potentials and interactions between the olfactory and trigeminal systems. *Chem Senses* 29(1):41–51

Loo AT, Youngentob SL, Kent PF, Schwob JE (1996) The aging olfactory epithelium. Neurogenesis, response to damage, and odorant-induced activity. *Int J Devl Neurosci* 14(7/8):881–900

Mackay-Sim A, Johnston ANB, Owen C, Burne THJ (2006) Olfactory ability in the healthy population. Reassessing presbyosmia. *Chem Senses* 31(8):763–771

Mainland JD, Bremner EA, Young N, Johnson BN, Khan RM, Bensafi M, Sobel N (2002) Olfactory plasticity. One nostril knows what the other learns. *Nature* 419:802

Malnic B, Hirono J, Sato T, Buck LB (1999) Combinatorial receptor codes for odors. *Cell* 96:713–723

Meisami E, Mikhail L, Baim D, Bhatnagar KP (1998) Human olfactory bulb. Aging of glomeruli and mitral cells and a search for the accessory olfactory bulb. *Ann N Y Acad Sci* 855:708–715

Miwa T, Furukawa M, Tsukatani T, Costanzo RM, DiNardo LJ, Reiter ER (2001) Impact of olfactory impairment on quality of life and disability. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 127:497–503

Morgan C, Covington J, Geisler M, Polich J, Murphy C (1997) Olfactory event-related potentials. Older males demonstrates the greatest deficits. *Electroencephalogr. Clin Neurophysiol* 104:351–358

Möller HJ (2008) Standardisierte psychiatrische Befunddiagnostik. In: Möller HJ, Laux G, Kapfhammer HP (Hrsg.) *Psychiatrie und Psychotherapie*. 3. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 456–481

Murphy C, Schubert CR, Cruickshanks KJ, Klein BEK, Klein R, Nondahl DM (2002) Prevalence of olfactory impairment in older adults. *JAMA* 288:2307–2312

Pause BM, Miranda A, Göder R, Aldenhoff JB, Ferstl R (2001) Reduced olfactory performance in patients with major depression. *J Psychiatr Res* 35:271-277

Piak SI, Lehman MN, Seiden AM, Duncan HJ, Smith DV (1992) Human olfactory biopsy. The influence of age and receptor distribution. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 118:731-739

Pioch E (2005) *Schmerzdokumentation in der Praxis. Klassifikation, Stadieneinteilung, Schmerzfragebögen*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg

Plattig KH (1999) Olfaktorisches System. In: Speckmann EJ, Deetjen P (Hrsg.) *Physiologie*. 3. Auflage. Urban & Fischer, München, 143–148

Pollatos O, Albrecht J, Kopietz R, Linn J, Schoepf V, Kleemann AM, Schreder T, Schrandy R, Wiesmann M (2007) Reduced olfactory sensitivity in subjects with depressive symptoms. *J Affect Disord* 102:101-108

Porter RH, Cernoch JM, McLaughlin FJ (1983) Maternal recognition of neonates through olfactory cues. *Physiol Behav* 30(1):151-154

Porter J, Craven B, Khan RM, Chang SJ, Kang I, Judkewicz B, Volpe J, Settles G, Sobel N (2006) Mechanisms of scent-tracking in humans. *Nat Neurosci* 10(1):27–29

Rabin M (1988) Experience facilitates olfactory quality discrimination. *Percept Psychophys* 44(6):532–540

Robinson AM, Conley DB, Shinnors MJ, Kern RC (2002) Apoptosis in the aging olfactory epithelium. *Laryngoscope* 112:1431–1435

Rolls B (1999) Do chemosensory changes influence food intake in the elderly. *Physiol Behav* 66(2):193–197

Ship JA, Weiffenbach JM (1993) Age, gender, medical treatment, and medication effects on smell identification. *J Gerontol* 48(1):M26-M32

Shu CH, Hummel T, Lee PL, Chiu CH, Lin SH, Yuan BC (2009) The proportion of self-rated olfactory dysfunction does not change across the life-span. *Am J Rhinol Allergy* 23(4):413-416

Shu CH, Lee PO, Lan MY, Lee YL (2011) Factors affecting the impact of olfactory loss on the quality of life and emotional coping ability. *Rhinology* 49(3):337-341

Simmen D, Briner HR, Hess K (1999) Screeningtest des Geruchssinnes mit Riechdisketten. *Laryngo Rhino Otol.* 78:125–130

Steinbach S, Hundt W, Zahnert T (2008a) Der Riechsinn im alltäglichen Leben. *Laryngo Rhino Otol* 87(09):657–672

Steinbach S, Staudenmaier R, Hummel T, Arnold W (2008b) Riechverlust im Alter. Eine häufige, wenig beachtete Störung mit bedeutenden Auswirkungen. *Z Gerontol Geriat* 41(5):394–402

Stevens JC, Bartoshuk LM, Cain WS (1984) Chemical senses and aging. Taste versus smell. *Chem Senses* 9(2):167–179

Stevens JC, Cain WS (1985) Age-related deficiency in the perceived strength of six odorants. *Chem Senses* 10(4):517–529

Süskind P (1994) Das Parfum. Die Geschichte eines Mörders. AUFLAGE. Diogenes VERLAGSORT 1994

Temmel AFP, Quint C, Schickinger-Fischer B, Klimek L, Stoller E, Hummel T (2002) Characteristics of olfactory disorders in relation to major causes of olfactory loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 128:635–641

Van Toller S (1999) Assessing the impact of anosmia. Review of a questionnaire's findings. *Chem Senses* 24:705–712

Wang L, Chen L, Jacob T (2004) Evidence for peripheral plasticity in human odour response. *J Physiol* 554(1):236–244

Wilson DA, Kadohisa M, Fletcher ML (2006) Cortical contributions to olfaction. Plasticity and perception. *Semin Cell Dev Biol* 17(4):462–470

Wilson RS, Yu L, Bennett DA (2010) Odor identification and mortality in old age. *Chem Senses* 36(1):63–67

Wolfensberger M, Schnieper I, Welge-Lüessen A (2000) “Sniffin’Sticks”: A new olfactory test battery. *Acta Otolaryngol* 120:303–306

Wysocki CJ, Dorries KM, Beauchamp GK (1989) Ability to perceive androstenone can be acquired by ostensibly anosmic people. *Proc Natl Acad Sci USA* 86:7976–7978

Wysocki CJ, Gilbert AN (1989) National geographic smell survey. Effects of age are heterogenous. *Ann N Y Acad Sci* 561:12–28

Yee KK, Wysocki CJ (2001) Odorant exposure increases olfactory sensitivity. Olfactory epithelium is implicated. *Physiol Behav* 72:705–711

Youngentob S, Kent P (1995) Enhancement of odorant-induced mucosal activity patterns in rats trained on an odorant identification task. *Brain Res* 670:82-88

Yousem D, 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* 818:480-497

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Aufbau der äußeren Nase (mod. n. Boeninghaus & Lenarz 2007)	3
Abb. 2:	Schematischer Aufbau der Riechschleimhaut (mod. n. Hatt 2010)	5
Abb. 3:	Schematische Darstellung des Luftstroms bei der Einatmung (mod. n. Plattig 1999)	6
Abb. 4:	Zeitliches Schema des Untersuchungsablaufs	15
Abb. 5:	Beispielhafte Protokollierung des Schwellentests	18
Abb. 6:	Geruchsprisma (mod. n. Henning 1916)	21
Abb. 7:	Anordnung der für die Proben verwendeten Düfte (mod. n. Henning 1916)	21
Abb. 8:	Altersverteilung der Probanden	23
Abb. 9:	Subjektive Einschätzung des Riechvermögens	24
Abb. 10:	Darstellung der Mittelwerte S, I und SI der beiden Gruppen vor und nach dem Training	26
Abb. 11:	Veränderung der S-Mittelwerte während des Trainingszeitraums	27
Abb. 12:	Veränderung der I-Mittelwerte während des Trainingszeitraums	27
Abb. 13:	Veränderung der SI-Mittelwerte während des Trainingszeitraums	27
Abb. 14:	Graphische Darstellung der Veränderung der Mittelwerte S, I und SI der Männer	30
Abb. 15:	Graphische Darstellung der Veränderung der Mittelwerte S, I und SI der Frauen	31
Abb. 16:	Geschlechtsspezifische Betrachtung der Veränderung des S-Werts während des Trainingszeitraums	32
Abb. 17:	Geschlechtsspezifische Betrachtung der Veränderung des I-Werts während des Trainingszeitraums	32
Abb. 18:	Geschlechtsspezifische Gegenüberstellung der Veränderung des SI-Werts während des Trainingszeitraums	33
Abb. 19:	Verteilung der Probanden in den Kategorien der Befindlichkeitsskala nach Zerssen	34

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Verdünnungskonzentrationen der Sniffin' Sticks des Schwellentest	16
Tab. 2:	Antwortmöglichkeiten des Identifikationstest mit Markierung der richtigen Antwort	19
Tab. 3:	Geschlechtsspezifische Normwerte ab einem Alter von 55 Jahren für den Schwellen- und Identifikationstest der Sniffin' Sticks (nach Hummel et al. 2007b)	20
Tab. 4:	Korrelationskoeffizienten mit Signifikanzwerten	25
Tab. 5:	Mittelwerte und Standardabweichung der mit den Sniffin' Sticks erhobenen Werte	25
Tab. 6:	Werte-Differenzen nach 3 Monaten	26
Tab. 7:	Kreuztabelle für die absolute Besserung des S-Werts	28
Tab. 8:	Kreuztabelle für die absolute Besserung des I-Werts	28
Tab. 9:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Trainings- und Kontrollgruppe nach Geschlechtern	28
Tab. 10:	Signifikanz p des T-Tests für unabhängige Stichproben	29
Tab. 11:	Werte-Differenzen der Männer nach 3 Monaten	29
Tab. 12:	Signifikanz p des T-Tests für unabhängige Stichproben (Männer)	29
Tab. 13:	Kreuztabelle für die absolute Besserung des S-Werts der Männer	30
Tab. 14:	Kreuztabelle für die absolute Besserung des I-Werts der Männer	30
Tab. 15:	Werte-Differenzen der Frauen nach 3 Monaten	31
Tab. 16:	Kreuztabelle für die absolute Besserung des S-Werts der Frauen	31
Tab. 17:	Kreuztabelle für die absolute Besserung des I-Werts der Frauen	31
Tab. 18:	Werte-Differenzen der Subgruppen nach 3 Monaten	33

Thesen

1. Das im Alter nachlassende Riechvermögen lässt sich durch kurze, wiederholte Exposition mit bestimmten Düften im Rahmen eines Riechtrainings verbessern.
2. Frauen riechen im Allgemeinen besser als Männer und leiden auch stärker unter einem Riechverlust. Die männlichen Probanden dieser Studie profitierten allerdings, im Gegensatz zu den weiblichen, von dem Riechtraining.
3. Die Effekte des Riechtrainings sind messbar, die Auswirkungen auf individueller, merkbarer Ebene sind jedoch gering.
4. Die Tatsache, ob das Training konsequent durchgeführt wurde oder nicht, hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Resultate.
5. Die aktuelle Stimmungslage beeinflusst das Riechvermögen nicht.
6. Die subjektive Einschätzung des Riechvermögens erscheint unzuverlässig und falsch. Die subjektive Einschätzung korreliert aber mit der objektiven Messung, da man sich bei der subjektiven Beurteilung an seiner „Peergroup“ orientiert.