

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals – Nasen - Ohrenheilkunde
Direktor: Herr Prof. Dr. med. Dr. h.c. Thomas Zahnert
Universitätsklinikum der Technischen Universität Dresden

**Differenzielle Veränderungen von ortho – und retronasalem Riechvermögen in
Abhängigkeit vom Alter**

D i s s e r t a t i o n s s c h r i f t

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus
der Technischen Universität Dresden

von

Theresa Gottschall

aus Apolda

Dresden 2024

Inhaltsverzeichnis

GENDERERKLÄRUNG	5
1. EINLEITUNG	6
2. ZIELSETZUNG	7
2.1. HYPOTHESEN	7
3. THEORETISCHE GRUNDLAGEN	7
3.1. PHYSIOLOGIE DER NASE	7
3.2. RIECHEN	9
3.2.1. <i>Orthonasales und retronasales Riechen</i>	10
3.2.2. <i>Veränderung des Riechvermögens mit steigendem Alter</i>	11
3.3. SCHMECKEN.....	12
3.4. WECHSELWIRKUNGEN DES RIECH – UND SCHMECKVERMÖGENS.....	13
4. MATERIAL UND METHODEN	14
4.1. ETHIK UND STUDIENDESIGN	14
4.2. SUBJEKTIVES RIECH – UND SCHMECKVERMÖGEN.....	16
4.3. FRAGEBOGEN „BEDEUTUNG DER GERUCHSWAHRNEHMUNG“	16
4.4. NASALER FLOW	17
4.4.1. <i>Spiegeltestung</i>	18
4.5. ORTHONASALES RIECHVERMÖGEN	18
4.5.1. <i>Riechschwelle</i>	19
4.5.2. <i>Identifikation</i>	20
4.6. RETRONASALES RIECHVERMÖGEN	21
4.6.1. <i>Riechschwelle</i>	22
4.6.2. <i>Identifikation</i>	23
4.7. SCHMECKEN.....	24
4.7.1. <i>Schmecksprays</i>	24
5. DATENANALYSE	25
6. ERGEBNISSE	25
6.1. GERUCHSFUNKTION IN ABHÄNGIGKEIT VOM GESCHLECHT	25
6.2. GERUCHSFUNKTION IN ABHÄNGIGKEIT VOM ALTER.....	26
6.2.1. <i>Identifikationstestungen</i>	27
6.2.2. <i>Schwellentestungen</i>	32
6.3. ORTHONASALES RIECHEN.....	36
6.4. RETRONASALES RIECHEN	36
6.5. ORTHO – UND RETRONASALES RIECHVERMÖGEN IM VERGLEICH.....	36
6.6. SUBJEKTIVES RIECH – UND SCHMECKVERMÖGEN.....	41
6.7. SUBJEKTIVES UND OBJEKTIVES RIECHVERMÖGEN IM VERGLEICH	41
6.8. FRAGEBOGEN	42
6.9. UNTERSUCHUNG DER ÜBERSCHWELLIGEN SCHMECKEMPFFINDLICHKEIT.....	43
6.10. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	44
7. DISKUSSION	45
7.1. BEWERTUNG DER HYPOTHESEN	46
7.2. WISSENSCHAFTLICHE EINORDNUNG DER ERGEBNISSE	47
7.2.1. <i>Aussagekraft des subjektiven Riechvermögens</i>	47
7.2.2. <i>Geruchsfunktion in Abhängigkeit vom Alter</i>	47
7.2.3. <i>Ortho – und retronasales Riechvermögen im Vergleich</i>	49
7.2.4. <i>Fragebogen Bedeutung der Geruchswahrnehmung</i>	51
7.3. MATERIAL UND METHODEN.....	53
7.3.1. <i>Subjektive Testungen</i>	53

7.3.2. <i>Testung nasaler Flow</i>	53
7.3.3. <i>Olfaktorische Testungen</i>	54
7.3.4. <i>Fragebogen</i>	55
7.3.5. <i>Probandenkollektiv und Datenerhebung</i>	56
7.4. LIMITATIONEN	58
7.5. AUSBLICK	59
8. ZUSAMMENFASSUNG	61
9. SUMMARY	63
10. PUBLIKATION	64
I. LITERATURVERZEICHNIS	65
II. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	70
III. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	71
IV. TABELLENVERZEICHNIS	72
11. DANKSAGUNG	73
V. ANHANG	74
VA. FRAGEBOGEN BEDEUTUNG DER GERUCHSWAHRNEHMUNG	74
VB. ANLAGE 1: ERKLÄRUNGEN ZUR ERÖFFNUNG DES PROMOTIONSVERFAHRENS.....	75
VC. ANLAGE 2: BESTÄTIGUNG ÜBER EINHALTUNG DER AKTUELLEN GESETZLICHEN VORGABEN.....	76

Gendererklärung

Mit dem Ziel eines besseren Leseflusses wird in dieser Promotionsschrift auf die Ausformulierung der Sprachformen männlich, weiblich, divers und andere verzichtet. Stattdessen wird das generische Maskulinum verwendet. Trotz Verwendung der männlichen Form, sollen alle Geschlechter angesprochen werden.

1. Einleitung

Das Riechen als einer unserer fünf Sinne wird häufig unterschätzt. Während Sehen und Hören dabei helfen, sich im Alltag zu orientieren und miteinander zu kommunizieren, so arbeitet das Riechen eher im Hintergrund. Der Geruch von angebranntem Essen warnt uns vor Gefahr, der Duft von Großmutter's alter Handseife kann uns für einen kurzen Moment Jahrzehnte in die Vergangenheit zurückversetzen. Gerüche, die mit negativen Lebenssituationen verknüpft werden, können prompt ein Gefühl der Angst und der Abneigung erzeugen. Das Riechen ist wie kein anderes Sinnesorgan mit Emotionen verknüpft und bereits im Mutterleib werden wir geprägt. Nahrungsmittel, die während der Schwangerschaft gegessen werden, formen die späteren Präferenzen des Kindes – sie können das Fruchtwasser anreichern und dieses wiederum umspült das Riechorgan und die Atemwege des Ungeborenen (Mennella et al., 1995). Auch die Freude beim Essen hängt nicht nur vom Schmecken, sondern ganz essenziell auch vom Riechen ab. Dieses ermöglicht die Wahrnehmung von Aromen und macht den Nahrungsmittelgenuss besonders facettenreich. Studien wiesen darauf hin, dass es einen Zusammenhang zwischen Geruchssinn und Sozialkompetenz gebe und dass es darüber hinaus auch einen entscheidenden Beitrag zur Lebensqualität leiste (Mantel et al., 2019).

Leider verschlechtert sich mit steigendem Alter oftmals das Riechvermögen. Wie auch unsere Daten zeigen, gelingt es dennoch nicht suffizient, dieses Defizit zu bemerken. Während es schlichtweg schade ist, den gut duftenden Rosengarten nicht mehr riechen zu können, ist es hingegen hoch gefährlich, wenn der Geruch von Feuer nicht mehr wahrgenommen werden kann. Ein möglicher Grund für den unbemerkten Riechverlust könnte in der Dualität des Riechens (Rozin, 1982) begründet sein, eine Annahme, dass Geruchsreize sowohl von außerhalb als auch innerhalb des Körpers wahrgenommen werden können. Letzteres wird also sogenanntes „retronasales Riechen“ bezeichnet, spielt eine essenzielle Rolle bei der Nahrungsaufnahme und neuere Studien deuteten darauf hin, dass es weniger anfällig gegenüber altersbedingten Veränderungen sei.

Das Riechen ist also in vielerlei Hinsicht einzigartig und längst noch nicht vollständig erforscht. Seine Funktionen haben komplexe soziale, hedonische und emotionale Komponenten.

2. Zielsetzung

Ziel dieser Studie war es, in einer subjektiv riechgesunden Stichprobe zu untersuchen, wie sich das ortho – und retronasale Riechvermögen in Abhängigkeit vom Alter verändert. Es sollte untersucht werden, wie sich beide Geruchsrouten zueinander verhalten und ob es ggf. unterschiedliche Veränderungen mit steigendem Lebensalter gibt. Insbesondere bei Teilnehmern mit Geruchsdefiziten sollte ein Vergleich zwischen deren ortho – und retronasalem Riechvermögen hergestellt werden. Zusätzlich wurde eine Erhebung durchgeführt, inwiefern die Selbsteinschätzung der Geruchswahrnehmung gelingt. Mittels eines Fragebogens sollte abgeprüft werden, wie viel Bedeutung dem Riechen im Alltag beigemessen wird, wie sehr es das Handeln der Personen beeinflusst und ob sich die jungen und alten Teilnehmer diesbezüglich unterscheiden. Die Ergebnisse sollten dazu beitragen, die Wichtigkeit von routinierten, beschwerdeunabhängigen Riechtestungen zu unterstreichen. Im Rahmen der Studie wurde ein verkürzter, gut delegierbarer Versuchsablauf vorgestellt, der sich zur Integration im hausärztlichen Setting eignen könnte.

2.1. Hypothesen

- 1.) Sowohl das ortho – als auch das retronasale Riechen nimmt mit steigendem Alter ab. Das retronasale Riechen ist dabei weniger betroffen.
- 2.) Bei Personen mit Geruchsverlust (Hyposmie, Anosmie) sind ortho – und retronasales Riechen schlechter als bei Personen mit Normosmie. Das retronasale Riechen ist im Vergleich weniger betroffen.
- 3.) Mit steigendem Alter und sinkendem Riechvermögen, nimmt auch die Bedeutung für das Riechen im Alltag ab.

3. Theoretische Grundlagen

3.1. Physiologie der Nase

Die Einatemluft findet ihren Weg in die Lunge über die Nase und Mundhöhle. Durch ihre besondere Anatomie kann die Luft hierbei angefeuchtet, erwärmt und gereinigt werden. Ermöglicht wird dies u.a. durch glatte Muskelzellen und ein stark verzweigtes Geflecht aus Gefäßen (Witt, 2020). Der Naseneingang wird gebildet durch das Vestibulum nasi, eine knorpelige Öffnung. Diese geht Richtung Gesichtsschädel in den knöchernen Teil über, das Os nasale. Die Nasenhöhle wird wiederum durch das senkrecht stehende Septum nasi in

zwei Hälften geteilt. Dieses hat eine stützende Funktion und gemeinsam mit dem knöchernen Gerüst bestimmt es die Höhe und äußere Form der Nase. Lateral des mittigen Septums finden sich beidseitig jeweils drei knöcherne Strukturen, die Conchae nasales. Diese Nasenmuscheln sind, wie auch der Rest der Nasenhöhle, mit Schleimhaut überzogen. Sie sind übereinander angeordnet und begrenzen die drei Nasengänge (Meatus nasi). Über der obersten Concha wird die knöchernen Nasenhöhle dorsokranial durch die Lamina cribrosa begrenzt. Sie stellt, als Teil des Os ethmoidale, die Verbindung zur vorderen Schädelgrube dar. Unterhalb jeder Concha ist ein Nasengang gelegen. In diese münden verschiedene Strukturen, unter anderem die Nasennebenhöhlen. Während in den oberen Meatus nasi die hinteren Siebbeinzellen und die Keilbeinhöhle münden, enden in den mittleren Nasengang die Kieferhöhle, Stirnhöhle und die vorderen sowie mittleren Siebbeinzellen. Diese Gänge sind Teil des sogenannten „Ostiomeatalen Komplexes“, welcher eine Rolle spielt für die Belüftung und den Sekretfluss der Nasennebenhöhlen. Liegt in diesem Bereich eine Schleimhautschwellung vor, kann der Abfluss nicht mehr gewährleistet werden und die Ausbreitung von Entzündungen wird begünstigt. In den unteren Meatus mündet der Ductus nasolacimalis.

Mikroskopisch kann die Nasenhöhle in eine Regio cutanea, respiratoria und olfactoria eingeteilt werden. Das genaue Ausmaß variiert deutlich (Witt, 2020), den größten Anteil macht allerdings die Regio respiratoria aus, sie erstreckt sich über die Schleimhaut der mittleren und unteren Nasenmuscheln sowie Teile des Nasenseptums. Ausgestattet mit Becherzellen zur Schleimproduktion ist sie in der Lage, eingeatmete Staube und Umweltschadstoffe abzufangen. Der kontaminierte Schleim kann dann mittels der Flimmerzellen Richtung Rachen abtransportiert und eliminiert werden. So bleiben die Atemwege frei und Entzündungen wird vorgebeugt. Einen kleineren Teil macht das Sinnesepithel der Regio olfactoria aus, sie kleidet vor allem den oberen Bereich der Nasenhöhe aus und ist zuständig für die Geruchswahrnehmung.

Mit steigendem Alter gibt es verschiedene physiologische Veränderungen, die das Riechvermögen beeinflussen und ein Defizit begünstigen. Es kommt zu Minderversorgung und Atrophie peripherer Strukturen wie z.B. der Nasenschleimhaut (Attems et al., 2015) und insbesondere der Riechschleimhaut (Bende, 1983). Durch eine verschlechterte mukoziliäre Funktion (Attems et al., 2015) sowie reduzierte Abwehrmechanismen werden chronische Rhinosinitiden begünstigt. Verschiedene strukturelle Veränderungen des Gehirns, der Riechbahn und die Abnahme der Riechrezeptoren (Doty & Kamath, 2014) aggravieren die altersbedingten olfaktorischen Defizite.

3.2. Riechen

Bei der Einatmung durch die Nase wird die Luft nicht nur erwärmt, angefeuchtet und gereinigt, es werden auch die olfaktorischen Reize geprüft. Sollten dabei Toxine oder Schadstoffe detektiert werden, können Schutzreflexe ausgelöst werden, beispielsweise in Form von Niesen oder sogar Atemstillstand (Tizzano & Finger, 2013).

Beim Riechen kann zwischen zwei Teilsystemen unterschieden werden, welche eine enge Verbindung miteinander haben. Während der periphere Teil aus den Riechhüllenzellen und Riechrezeptorneuronen gebildet wird, gehören der Bulbus olfactorius und die Riechrinde zu den zentralen Strukturen (Witt, 2020). Wie im Prometheus LernAtlas – Kopf, Hals und Neuroanatomie ersichtlich (Schünke et al., 2012, S. 480 - 481, S. 509), ist der Nervus olfactorius ein vorgeschobener Hirnteil und entspricht dem ersten Hirnnerven. Die Riechbahn erstreckt sich von den genannten peripheren Sinneszellen im Riechepithel bis hin zu verschiedenen zentralen Projektionszielen. Die ca. 2cm² große Regio olfactoria beherbergt die primären Sinneszellen, bipolare Neurone, welche mit ihren Kinozilien die Geruchsmoleküle der Atemluft binden können. Das spezialisierte Rezeptorprotein, was für die jeweilige Sinneszelle einzigartig ist, setzt dann, cAMP vermittelt, eine Signalkaskade in Gang (Behrends et al., 2021). Hierdurch werden die Axone verstärkt depolarisiert. Gebündelt bilden sie die Fila olfactoria. Diese ziehen durch die ca. 15 – 20 Löcher der Lamina cribrosa (Witt, 2020), welche Teil des Os ethmoidale ist und gelangen oberhalb zum Bulbus olfactorius. In diesem finden sich Mitralzellen mit Dendriten. Die Axone der primären Sinneszellen bilden mit den Mitralzellen Synapsen. Gemeinsam ergeben sie dann olfaktorische Glomeruli, wobei eine ausgeprägte Topie vorliegt. Das bedeutet, dass sie von Rezeptorproteinen gleicher Art jeweils mit einer oder wenigen Mitralzellen gebildet werden. Die Odorantien lösen dann individuelle Aktivitätsmuster aus. Eine Kontrastverstärkung wird ermöglicht, indem die Mitralzellen lateral inhibiert werden, unter anderem durch Körnerzellen und periglomeruläre Zellen (Behrends et al., 2021). Die Duftstoffe können dadurch besser differenziert werden. Der Tractus olfactorius wird gebildet von den Axonen der Mitralzellen. Im Trigonum olfactorium hat er zwei Aufzweigungen, die Stria olfactoria lateralis und medialis. Die Afferenzen des lateralen Anteils projizieren wiederum auf zwei verschiedene Ziele: von der Area prepiriformis ausgehend ziehen sie über den Thalamus zum orbitofrontalen Kortex (Schünke et al., 2012). Während die anderen Sinnesempfindungen des Menschen im Thalamus verarbeitet werden, ist es eine Besonderheit des Geruchssinnes, dass er diesen hierfür nahezu vollständig umgeht (Witt, 2020). Vom Cortex amygdaloideus, welcher Teil des limbischen Systems ist, ziehen wiederum Afferenzen zum Hypothalamus. Dieser steuert maßgebend vegetative Reaktionen, sodass sich nachvollziehen lässt, weshalb beispielsweise Übelkeit aufkommt, wenn ekelerregende

Gerüche identifiziert werden. Die enge Verbindung zum limbischen System erklärt die stark emotionale Assoziation zu vertrauten Gerüchen (Schünke et al., 2012). Die Stria olfactoria medialis wiederum führt mit ihren Afferenzen über die Area prepiriformis, der primären Riechrinde, zum Hippocampus. Dieser ist ein wichtiger Teil des limbischen Systems und besonders stark an der Gedächtnisbildung beteiligt. Durch diese Beziehung lässt es sich herleiten, warum Gerüche so gut mit bestimmten Situationen oder Ereignissen verknüpft werden können. Olfaktorische Reize werden also nahezu ungefiltert zum Großhirn geleitet und durchlaufen im Rahmen ihrer Verarbeitung das limbische System (emotionale Verknüpfung und Gedächtnisbildung) und den Hypothalamus (Schnittstelle Vegetativum). Erst im Anschluss ziehen die Fasern wieder zum Thalamus und dann weiter zum orbitofrontalen Kortex, was der sekundären Riechrinde entspricht. Dort erst werden die Gerüche tatsächlich erkannt und interpretiert (Trepel, 2008, S. 232). Eine weitere Besonderheit ist die lebenslange Regeneration der Riechsinneszellen, welche in regelmäßigen Abständen und auch nach Schädigung geschieht (Lüllmann-Rauch & Asan, 2015).

3.2.1. Orthonasales und retronasales Riechen

Das orthonasale Riechen beschreibt einen Riechvorgang, bei welchem Umgebungsluft durch die Nase eingeatmet und durch den Mund wieder ausgeatmet wird. Indem kurze Luftstöße eingeatmet werden („schnuppern“), kommt es zu einer Verstärkung des Luftstroms und zu Verwirbelungen, welche die volatilen Riechstoffe zur Regio olfactoria transportieren. Beim retronasalen Riechen passieren die Duftmoleküle, die aus Lunge oder Magen kommen, den Mundraum und werden durch die Nase abgeatmet (Lenarz & Boeninghaus, 2012; Witt, 2020). Dieses wird unterstützt durch oropharyngeale Bewegungen, wie beispielsweise Essen, Gurgeln oder Aufstoßen. Es wird sehr eng mit dem Schmecken assoziiert, da es eine wichtige Rolle bei der Nahrungsaufnahme einnimmt. Sind die Geschmacksrichtungen süß, sauer, bitter, salzig und umami gustatorische Reize, so ist die Aromawahrnehmung eine olfaktorische Leistung.

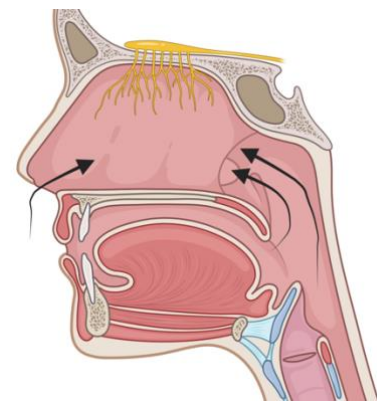


Abb. 1: Wege des ortho - und retronasalen Riechens im Vergleich. Erstellt mit BioRender.com

In fMRT gestützten Untersuchungen von Small et al. zeigte sich, dass sich auch die Verarbeitung der Gerüche im Hirn je nach olfaktorischer Route unterscheidet. Während bei einer orthonasalen Geruchspräsentation von Schokolade vor allem eine Aktivierung von Amygdala, Thalamus, Insula und Hippocampus zu beobachten war, zeigte sich bei

retronasaler Reizung das Ansprechen im Bereich zentraler Sulcus, medialer orbitofrontaler und medialer, perigenualer cingulärer Kortex (Small et al., 2005). Ein Unterschied bezüglich der genutzten Geruchs – Route zeigte sich also vor allem beim Nahrungsmittelgeruch „Schokolade“ (Small et al., 2005), nicht reproduzierbar war dieser Effekt bei Gerüchen, die nicht als Nahrungsmittel erkannt werden. Beispiele hierfür waren Farnesol („Maiglöckchen“-Geruch) oder Lavendel. Auch war für diese Düfte die retronasale Riechschwelle höher als die orthonasale.

3.2.2. Veränderung des Riechvermögens mit steigendem Alter

Eine große Besonderheit ist die lebenslange Plastizität des olfaktorischen Epithels und des Bulbus olfactorius. Dennoch kommt es im Alter zu einer Verschlechterung des Riechvermögens, Gründe hierfür können verschiedene strukturelle Veränderungen des Gehirns und der Riechbahn sowie eine verschlechterte Durchblutung der Nasenschleimhaut und eine Minderung der mucoziliären Funktion sein (Attems et al., 2015).

Mit steigendem Alter nehmen die Stammzellaktivität (Fitzek et al., 2022) und die Rezeptordichte des Neuroepithels ab. Es wird zunehmend durch respiratorisches Epithel ersetzt. Immunologische Abwehrmechanismen werden schwächer, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegenüber exogenen Umwelteinflüssen reduziert und chronische Infektionen begünstigt werden - das olfaktorische Epithel wird zunehmend geschädigt und verliert an Funktionsfähigkeit. Es lagern sich vermehrt fehlgefaltene Proteine ein und aggregieren- dies ist Teil des normalen Alterungsprozesses, tritt aber auch besonders stark bei einigen neurodegenerativen Erkrankungen auf (Arnold et al., 2010). Der Bulbus olfactorius verliert mit zunehmendem Alter an Volumen, insbesondere ab der sechsten Lebensdekade (Buschhüter et al., 2008). Damit einhergehend konnte auch ein vermindertes Riechvermögen detektiert werden, sodass eine Korrelation zwischen beiden Größen anzunehmen ist. Besonders stark ist dieser Zusammenhang bei der Geruchsidentifikation zu beobachten (Buschhüter et al., 2008).

Darüber hinaus scheint zwar eine lebenslange Regeneration der Riechsinneszellen möglich zu sein, mit steigendem Alter aber kommt es zu einer zunehmenden Stammzellruhe (Fitzek et al., 2022). In einer Studie von Kalmey et al. konnte beobachtet werden, dass die Foramina in der Siebbeinplatte, durch die die Riechfäden ziehen, sich mit zunehmenden Alter schließen (Kalmey et al., 1998). Da sie Teil der Riechbahn sind, nimmt diese altersbedingte Veränderung unmittelbaren Einfluss auf das Riechvermögen. Bhatnagar et al. beschrieben 1987, dass das Volumen des Riechkolbens mit steigendem Alter abnehme (Bhatnagar et al., 1987), während Buschhüter et al. (2008) diese Beobachtung nicht uneingeschränkt teilten.

Sie sahen vor allem eine Korrelation zwischen dem Volumen des Riechkolbens und der Geruchsfunktion, auch unabhängig vom Alter (Buschhüter et al., 2008). Allerdings kommt es mit steigendem Alter zu einem erhöhten Risiko für chronische Rhinosinuitiden, genauso wie auch einer erhöhten Anfälligkeit für virale Infektionen oder posttraumatische Geruchseinschränkungen – dieses wiederum wirkt sich auf das Volumen des Riechkolbens aus (Mueller et al., 2005). So ist also anzunehmen, dass es zwar einen Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Volumen des Riechkolbens gibt, dieser aber nicht uneingeschränkt ist und es darüber hinaus mit steigendem Lebensalter zu einer Risikokonstellation kommt, die eine Abnahme des Volumens und somit auch Abnahme des Riechvermögens begünstigt.

3.3. Schmecken

Der Schmecksinn hilft dabei, die aufgenommene Nahrung bezüglich ihrer Qualität und auch Inhaltsstoffe zu beurteilen. Während „süß“ einen hohen Kohlenhydratanteil impliziert, steht „bitter“ phylogenetisch für eine Warnung vor Giftstoffen, ähnlich verhält es sich auch bei „saurer“ Nahrung. „Salzig“ hingegen verspricht die Zufuhr lebenswichtiger Ionen (Müller & Frings, 2009). Die Geschmacksrichtung „umami“ weist auf proteinreiche Nahrung hin (Lenarz & Boenninghaus, 2012). Als „scharf“ wahrgenommene Sinneseindrücke werden über das trigeminale System vermittelt und zählen somit nicht zu den fünf Geschmacksqualitäten (Behrends et al., 2021).

Das Schmecken erfolgt über verschiedenartige Rezeptoren, welche in Schmeckknospen eingebettet sind. Diese befinden sich in den Zungenpapillen und sind in der Mundhöhle, Hypopharynx und dem subglottischen Teil des Larynx anzutreffen (Reiß, 2021). Entgegen früherer Lehrmeinungen, sind die einzelnen Schmeckknospen nicht festen Arealen auf der Zunge zugeteilt, jedoch können Areale mit größter Empfindlichkeit für entsprechende Geschmacksrichtungen detektiert werden (Müller & Frings, 2009). Mit nur ca. zwei Wochen Lebenszeit sterben die Schmeckrezeptor – Zellen zügig ab (Behrends et al., 2021), allerdings ist das Zungenepithel reich an adulten Stammzellen, sodass eine lebenslange Erneuerung möglich ist (Barlow, 2022).

Die Empfindungen „salzig“ und „sauer“ werden beide ionotrop vermittelt, die Aktionspotenziale entstehen also maßgeblich durch Ionen (Behrends et al., 2021). Speichel hat im Normalfall eine nur sehr geringe Natriumkonzentration, wenn aber salzige Speisen in den Mundraum aufgenommen werden, steigt die Anzahl der Natrium-Ionen sprunghaft. Die Rezeptoren, die für salzigen Geschmack spezifisch sind, sind reich an Natriumkanälen, sodass diese depolarisieren (Müller & Frings, 2009). Für die Schmeckrichtung „sauer“

werden Säure – selektive Zellen aktiviert. Während die Protonen starker Säuren Protonenkanäle aktivieren, blockieren schwache Säuren nach Eindringen in die Geschmackszellen von innen Kalium – Kanäle, sodass die Sauerzellen depolarisiert werden (Behrends et al., 2021).

Die anderen drei Schmeckqualitäten werden metabotrop über G – Protein gekoppelte Rezeptoren vermittelt. „Süß“ und „umami“ übermitteln beide via T1 Rezeptortypen die Transduktion, durch verschiedene Dimerbildungen unterscheiden sich letztlich die Rezeptortypen der beiden Geschmacksqualitäten (Behrends et al., 2021). „Bitter“ hingegen wird über eine ganze T2 Rezeptorfamilie vermittelt, die ca. 25 verschiedene Rezeptoren beinhaltet. Eine Zelle kann mehrerer solcher beherbergen, dadurch ist es möglich, dass der Mensch nicht nur viele verschiedene Facetten von „bitter“ delectieren kann, sondern er auch besonders empfindlich für diese Geschmacksrichtung ist. Diese Eigenschaften sind insbesondere hinsichtlich der Warnung vor Giftstoffen relevant. Bei allen drei Schmeckqualitäten wird nach Bindung an die jeweiligen Rezeptortypen ein G – Protein aktiviert und ein Rezeptorpotenzial entsteht (Behrends et al., 2021).

Der mit Geschmacksstoffen angereicherte Speichel umspült also die Knospen mit ihren Schmeckzellen, welche sekundäre Sinneszellen sind (Behrends et al., 2021). Auf jeweils spezifischem Wege wird ein Rezeptorpotenzial aufgebaut, der Bereich der vorderen zwei Drittel der Zunge wird hierbei vermittelt über die Chorda tympani (Teil des N. lingualis aus dem N. facialis), während der N. vagus und N. glossopharyngeus die Rezeptorpotenziale aus dem hinteren Drittel der Zunge und den Bereichen von Hypopharynx und Larynx übermitteln (Reiß, 2021). Die Aktionspotenziale werden über sensorische Fasern zum Hirnstamm geleitet (Lenarz & Boenninghaus, 2012). Dort erfolgt eine reflektorische Verschaltung mit verschiedenen vegetativen Funktionen, beispielsweise Schlucken oder ggf. Würgen (Behrends et al., 2021). Anschließend geht die Weiterleitung über den Thalamus weiter zur Insel und zum orbitofrontalen Cortex, zum Hypothalamus und zur Amygdala (Behrends et al., 2021). Es gibt also beim Schmecken, so wie auch beim Riechen, eine Verarbeitung im limbischen System, allerdings erfolgt hier zunächst eine Filterung im Thalamus.

3.4. Wechselwirkungen des Riech – und Schmeckvermögens

Das Riech – und Schmeckvermögen unterscheidet sich bezüglich der Kodierung der chemosensorischen Reize. Während das Riechen im Bulbus olfactorius erstmals kodiert wird, also zentral, findet dies beim Schmeckvermögen bereits peripher statt, in den Geschmacksknospen (Witt, 2020). Landis et al. beobachteten einen Zusammenhang beider

Sinne und sahen die Dauer des Riechverlustes als entscheidenden Faktor – während ein neu aufgetretenes olfaktorisches Defizit das Schmeckvermögen kaum zu beeinflussen scheint, sind langanhaltende Riechverluste mit gustatorischen Defiziten assoziiert (Landis et al., 2010). Hierbei ist die genaue Ursache des Riechdefizits nicht entscheidend. Grund für die gleichgerichtete Veränderung der beiden Sinne könnte die enge funktionale und anatomische Verbindung sein, darüber hinaus projizieren beide zum orbitofrontalen cortex (Landis et al., 2010). Die beobachtete Schmeckminderung war moderat, sodass die Betroffenen diesen zum Teil subjektiv gar nicht bemerkten. Othieno et al. hingegen fanden keine Korrelation zwischen den Ergebnissen der Geruchs – und Schmecktestungen (Othieno et al., 2018). Bei dieser Studie handelte es sich allerdings vor allem um Patienten mit chronischer Rhinosinusitis. Auch scheinen die angewendeten Schmecktestungen entscheidend zu sein, da Vennemann et al. trotz großer Probandenzahl (1312 Personen) und unabhängig von Vorerkrankungen ebenfalls keinen Zusammenhang sahen – sie nutzten allerdings eher grobe und nicht sensible Schmecktestungen (Vennemann et al., 2008). Die Datenlage zu den Interaktionen zwischen Riech – und Schmeckvermögen ist also ambivalent. Wir wendeten daher neben den olfaktorischen auch gustatorische Testungen an und haben so die chemosensorischen Wechselwirkungen in Abhängigkeit vom Alter untersucht. Im Folgenden wird der Studienablauf und die verwendete Methodik beschrieben.

4. Material und Methoden

4.1. Ethik und Studiendesign

Im Zeitraum vom Juli 2020 bis Oktober 2021 nahmen nach Prüfung aller Ein – und Ausschlusskriterien insgesamt 171 Probanden an der Studie teil. Werbung erfolgte durch Handzettel, Vorstellung in Pflegeeinrichtungen und Arbeitsstätten sowie Mund – zu – Mund – Propaganda. Die Probanden dieser klinischen Studie nahmen freiwillig teil und unterzeichneten nach ausführlicher Aufklärung über Ziel und Ablauf der Studie sowie der pseudonymisierten Datenverarbeitung eine Einwilligungserklärung. Das Design wurde vorab durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus (EK 408102018) geprüft und freigegeben. Die Studie wurde konform mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Die Probanden erhielten für die Teilnahme an der Studie eine finanzielle Aufwandsentschädigung.

Tab. 1: Ein – und Ausschlusskriterien der Teilnehmer

Einschlusskriterien	Freiwillige Teilnahme
	Alter: 18 – 35 Jahre oder ab 55 Jahren
	Subjektiv erhaltenes Riechvermögen
Ausschlusskriterien	Akut oder kürzlich aufgetretene Riechstörung
	Aktueller grippaler Infekt
	Konsum von > 5 Zigaretten wöchentlich

Die Testungen wurden in einem gut belüfteten und geruchsneutralen Raum durchgeführt und dauerten pro Person circa eine Stunde. Vorab wurden alle Teilnehmenden darauf hingewiesen, auf Parfümierungen sowie stark riechende Speisen (z.B. Knoblauch, Zwiebel) am Tag der Testung zu verzichten. Nachdem alle einen Anamnesebogen (Alter, Gewicht, Vorerkrankungen,..) und die subjektive Einschätzung zu Riechen, Schmecken und Nasenatmung ausgefüllt hatten, bearbeiteten sie einen Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung. Im Anschluss starteten die Testungen. Einundachtzig der Teilnehmenden wurden zuerst ortho – und danach retronasal getestet, bei den restlichen neunzig Personen war die Reihenfolge andersherum. Am Ende wurde eine Schmeckspraytestung durchgeführt.

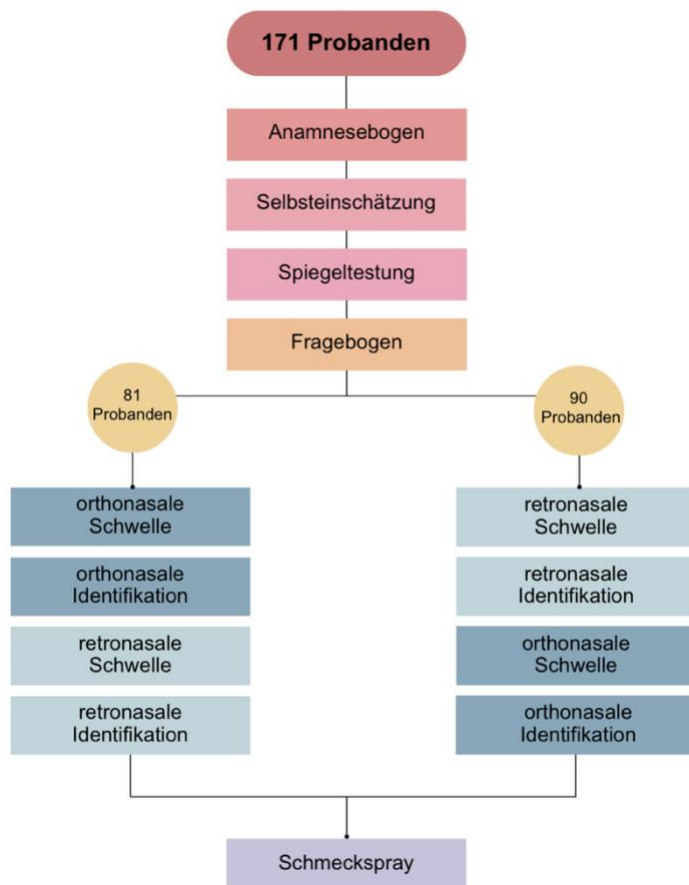


Abb. 2: Studienablauf

4.2. Subjektives Riech – und Schmeckvermögen

In Form der Beantwortung einer Likert – Skala sollte das subjektive chemosensorische Vermögen der Teilnehmer geprüft werden. Abgefragt wurden hierfür das Riechen, Schmecken und die Nasenatmung. In 6 Abstufungen wurde gewählt zwischen 6 (= sehr gut) und 1 (= kein Vermögen). Letztes stellte ein Ausschlusskriterium für die Studie dar.

4.3. Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Für einen Vergleich zwischen objektiv gemessenem chemosensorischen Vermögen und der subjektiven Bedeutung dessen, wurde dieser standardisierte Fragebogen der Geruchswahrnehmung gewählt (siehe Anhang Va). Er ermöglichte einen schnellen und einfach abprüfaren Überblick der individuellen Bedeutung der Geruchswahrnehmung unabhängig vom tatsächlichen Riechvermögen (Croy et al., 2010).

Zwanzig verschiedene Aussagen sollten möglichst spontan in einer 4 Punkt Likert- Skala eingeordnet werden. Die Antwortmöglichkeiten erstreckten sich von „Trifft überhaupt nicht

zu“ (= 0 Punkte) bis hin zu „Trifft vollkommen zu“ (= 3 Punkte). Es konnte ein Maximum von 60 Punkten erreicht werden.

Die zu beurteilenden Aussagen konnten thematisch vier verschiedenen Subskalen zugeordnet werden. Die vier Säulen waren (a) „Anwendung“, (b) „Bewertung/Assoziation“, (c) „Konsequenz“ und (d) „Lüge“.

Unter (a) sollte die Anwendung des Geruchssinnes beschrieben werden, bezogen auf den Alltag des Probanden. Hierfür wurde unter anderem das Riechen im sozialen Zusammenhang hinterfragt sowie beim Erwerb von Nahrungsmitteln.

Die vor allem unbewusst ablaufenden emotionalen und bewertenden Eindrücke auf Gerüche, sollten unter (b) erfasst werden. Hinterfragt wurde, inwiefern olfaktorische Reize Erinnerungen auslösen, Gefühle oder vegetative Reaktionen wie Hunger. Gleichzeitig wurde geprüft, ob die subjektive Bewertung eines Körpergeruchs Einfluss auf soziale Situationen hat.

Riecheindrücke beeinflussen auch unsere Verhaltensweisen, Handlungen und Entscheidungen. Wie stark, sollte in (c) abgebildet werden. Hinterfragt wurde der Einfluss in Bezug zu Geldausgaben, Vermeidungsstrategien und Gefahrenerkennung.

In der letzten Unterkategorie, der „Lüge“ (d), sollten die getroffenen Aussagen der Probanden bezüglich ihrer Tendenz, Bedeutungen überzubetonen, bewertet werden.

Nach Summation aller Items ergab sich ein Zahlenwert, der mit der Bedeutung des Riechvermögens korrelierte.

4.4. Nasaler Flow

Grundlage für ein funktionierendes Riechvermögen ist unter anderem ein Luftfluss durch die Nase. Um bereits vor den Testungen diese potenzielle Fehlerquelle auszuschalten, sollte der nasale Flow überprüft werden. Die exakte Messung mittels eines Peak nasal inspiratory Flowmeter war an dieser Stelle nicht nötig, ausreichend war eine grob quantitative Aussage. Wir haben uns daher für eine an den Nasalen Atemschlagtest von Glatzel und Zwaardemaker angelehnte Technik der Spiegeltestung bzw. Auswertung der Atemflecke entschieden (Pirsig, 2014). Diese Methodik war auch unter hygienischen Aspekten sinnvoll, da die Testungen zu Zeiten der Coronapandemie durchgeführt wurden und eine Desinfektion des Spiegels deutlich besser möglich war als bei einem Flowmeter.

4.4.1. Spiegeltestung

Der Proband wurde aufgefordert, mit geschlossenem Mund ruhig zu atmen. Testinstrument war eine ca. 10 x 5cm große, glatte, Metalloberfläche. Diese wurde während einer Expirationsphase ca. 2cm vor den Nasenlöchern des Teilnehmenden horizontal platziert. Nachdem die warme Ausatemluft die kalte Metalloberfläche traf, bildete sich Beschlag, die sogenannten „Atemflecke“ (Pirsig, 2014). Diese wurden sofort fotografiert. Anschließend wertete die Testleiterin anhand des Fotos die Beschläge aus. Wurden beide Nasenlöcher absolut gleichmäßig durchlüftet, waren die Atemflecke symmetrisch und beide erhielten einen Zahlenwert von 100%. War ein Beschlag kleiner, bekam er eine Prozentzahl in Bezug zum größeren. Während also das besser durchlüftete Nasenloch 100% erreichte, konnte das andere entweder 75%, 50%, 25% oder 0% erhalten. Wenn beidseits kein Beschlag zu sehen und eventuelle Fehlerquellen ausgeschlossen waren (Metalloberfläche feucht, Proband hat nicht ausgeatmet), war anzunehmen, dass kein Luftfluss durch die Nase stattfand und die Testperson musste vom Versuch ausgeschlossen werden.

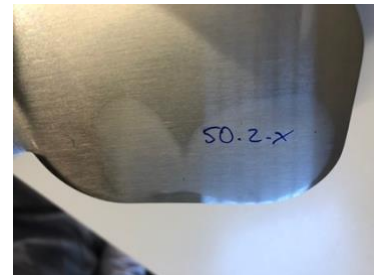


Abb. 3: Atemflecke eines Teilnehmenden. Das rechte Nasenloch mit einem Flow von 100%, das linke Nasenloch mit ca. 50%.

4.5. Orthonasales Riechvermögen

Eine häufig im klinischen Alltag genutzte Methode zur Untersuchung des orthonasalen Riechvermögens ist die Anwendung der von Hummel et al. etablierten Sniffin´ Sticks. Hierbei können, standardisiert, die drei Säulen des orthonasalen Riechvermögens – S: Schwelle, D: Diskrimination, I: Identifikation - geprüft werden (Hummel et al., 1997a). Die SDI Testung ermöglicht somit eine Einschätzung der zentralen Geruchsverarbeitung (Identifikation, Diskrimination) sowie die periphere Geruchswahrnehmung (Schwelle) (Landis, Hummel, et al., 2005). In unserer Studie wurde zur besseren Vergleichbarkeit mit dem retronasalen Riechvermögen, auf die Prüfung der Diskrimination verzichtet. Sie beinhaltet, im Gegensatz zur Identifikationstestung (verbal) eine non-verbale Herangehensweise (Hummel et al., 1997a; Landis, Hummel, et al., 2005). Die SI Testung hat im Vergleich zum (kompletten) SDI Score eine Spezifität von 84%, bei gleichbleibender Sensitivität (Rumeau et al., 2016).

Untersuchungsinstrumente waren mehrere ca. 14cm lange Stifte, die in verschiedene Lösungen getränkte Füllungen beinhalteten. Benutzt wurden die Sniffin´ Sticks der Firma Burghart, Wedel. Die Testleiterin hatte während der Untersuchung Handschuhe zu tragen und sonstige externe Dufteinflüsse waren zu vermeiden (Handcreme, Duftkerzen et cetera). Auf einen gut belüfteten Testraum war zu achten. Der Teilnehmende sollte 15min vor den Testungen nichts mehr essen und trinken (Rumeau et al., 2016). Parfümierungen sowie stark riechende Speisen sollten ebenso vermieden werden.



Abb. 4: Sniffin´ Sticks der Firma Burghart, Wedel

4.5.1. Riechschwelle

Für die Ermittlung der orthonasalen Riechschwelle (Wahrnehmungsschwelle), wurde ein aus 48 Stiften bestehendes Set genutzt. Dieses ermöglichte es, den Duftstoff Phenylethylalkohol („PEA“, wahrgenommen als Rosenduft) in 16 Konzentrationsstufen abzuprüfen. PEA hat keine trigeminale Komponente (Behrends et al., 2021), sodass der rein olfaktorische Reiz abgeprüft werden konnte. Eine Teststufe beinhaltete einen riechenden, mit PEA versetzten, Stift und zwei in geruchsloses Lösungsmittel (Propylenglykol) getränkte. Der Zeitrahmen der Gesamtstudie wurde auf ca. eine Stunde festgelegt. So sollte eine durchgängige Konzentration während der Testungen ermöglicht werden, auch für die älteren Teilnehmenden. Aus diesem Grund wurde zur Ermittlung der orthonasalen Riechschwelle eine von Croy et al. erwähnte Version genutzt, in der nur jede zweite Konzentrationsstufe abgetestet wurde. Zwar bot diese großschrittige Version eine etwas schlechtere Auflösung der Riechschwelle, ein wesentlicher Informationsverlust sei aber nicht zu beobachten und eine zufriedenstellende Reproduzierbarkeit gegeben (Croy et al., 2009).

Der Proband hielt Mund und Augen geschlossen. Zunächst wurde der Versuchsperson der Sniffin´ Stick mit PEA in höchster Konzentration zur nasalen Inhalation angeboten. Ziel hierbei sollte sein, dass die Teilnehmenden einen ersten Anhalt für den zu suchenden Duftstoff bekamen. Dann präsentierte die Untersuchende der Testperson nacheinander drei Stifte einer Reihe. Die Versuchsperson gab dann möglichst intuitiv an, bei welchem Stift Geruch wahrgenommen wurde. Bei subjektiver Nicht – Wahrnehmung war nach Forced – Choice Prinzip zu antworten. Beginnend bei der geringsten Konzentration und in steigender Abfolge, wurden der Testperson verschiedene Konzentrationen der Sniffin´ Sticks angeboten. Sobald eine Konzentrationsstufe zweimal hintereinander korrekt erkannt wurde, wurden Duftreihen mit größerer Verdünnung abgeprüft. Bei Nichterkennen des richtigen Stiftes wurde die Konzentration wieder erhöht. So ergaben sich undulierend insgesamt sieben Wendepunkte, wobei die letzten vier dann zu einem Durchschnittswert im

Wertebereich zwischen acht („bestes Riechen“) und eins („schlechtestes Riechen“) verrechnet wurden.

Tab. 2: Protokoll Schwellentestung

Stift	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
1 (1)							
2 (3)							
3 (5)							
4 (7)							
5 (9)	X X		X X		X X		X X
6 (11)	--	X _		-		X _	
7 (13)	X _						
8 (15)	--						

Schwelle: 5,5

Rechnung:

$$(6 + 5 + 6 + 5) / 4 = 5,5$$

4.5.2. Identifikation

Zur Untersuchung des Identifikationsvermögens enthielt die standardisierte SDI Testbatterie 16 verschiedene überschwellige Düfte. Die Auswahl bezog sich auf deutsche Breitengrade, sodass die olfaktorischen Eindrücke allesamt für den Teilnehmenden bekannt waren. Jeder Stift wurde nacheinander zur nasalen Inhalation angeboten, für maximal 30 Sekunden. Die Probanden wurden dann aufgefordert, aus einer Tabelle mit vier (verbalen) Antwortmöglichkeiten die am ehesten passende auszuwählen. Die Testleitende zählte am Ende die korrekt erkannten Düfte zusammen und summierte sie zu einem Wert. Je höher die Punktzahl, desto höher das orthonasale Identifikationsvermögen. Ein Maximum von 16 Punkten konnte erreicht werden. Anhand der Werte konnten die Teilnehmenden in normosmisch (> 12 Punkte), hyposmisch (9-12 Punkte) und anosmisch (< 9 Punkte) unterteilt werden (Pieniak et al., 2022).

Tab. 3: Antwortmöglichkeiten orthonasale Identifikationstestung, die jeweils richtige Antwortmöglichkeit ist hier fett hervorgehoben.

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

4.6. Retronasales Riechvermögen

Unter der Annahme, dass das Riechvermögen dual sei (Rozin, 1982), sollte neben dem orthonasalen auch das retronasale Riechvermögen abgetestet werden. Für eine gute Vergleichbarkeit überprüften wir auch hier die Wahrnehmungsschwelle und Identifikation. Da die Düfte über den Mund eingeatmet und durch die Nase ausgeatmet werden mussten, boten sich die für orthonasal genutzten Sniffin´ Sticks nicht zur Testung an. Stattdessen konnten verschiedene orale Reize genutzt werden.

4.6.1. Riechschwelle

Die Modalitäten dieses Testes ähnelten denen der orthonasalen Riechschwellentestung sehr. Statt der Sniffin´ Sticks, wurden spezielle Kunststoffdosen verwendet (Yoshino et al., 2021). Diese konnten mit einem in Lösung getränkten Mulltupfer befüllt und anschließend mit einem Schraubverschluss fest verschlossen werden. Auf dem Deckel befand sich eine kleine Öffnung, in diese konnte während des Versuchs ein dünner Strohhalm gesteckt werden. Nach der Testdurchführung war dieses Loch aber mit einem Stopfen o.Ä. zu verschließen, um das Aus – oder Einströmen von Duftstoffen zu vermeiden. Seitlich der Kunststoffflasche befand sich eine Art Ventil. Im Rahmen der Testung wurde der Teilnehmende gebeten, über den Strohhalm oral Luft aus der Dose zu ziehen und über die Nase auszuatmen. Um einen Luftfluss gewährleisten zu können, musste das Ventil währenddessen geöffnet sein. Nach den Testungen war es wieder zu verschließen, um Verfälschungen durch ein – oder ausströmenden Duft zu vermeiden. Für die Durchführung war es wichtig, dass das Ende des Strohhalmes in den luftgefüllten Raum über dem feuchten Mülltupfer platziert wurde, da die Probanden den Geruchsreiz ausschließlich volatil erhalten sollten. Der Testraum war gut belüftet und externe Duft einflüsse sollten vermieden werden. Jeder Duftflasche hatte einen individuellen Strohhalm, der nach den Testungen verworfen worden ist.



Abb. 5: Testcontainer
retro nasale
Schwellentestung

Das Testkit bestand aus insgesamt 24 Flaschen. In jeder befand sich ein Mulltupfer, der in insgesamt 10ml Flüssigkeit getränkt war. Es wurden 8 Stufen mit jeweils 3 Flaschen gebildet. Der Proband hatte die Aufgabe, je Stufe die Testdose mit dem Duftstoff zu ermitteln. Hierfür wurde 2 – Phenylethanol genutzt, ein Rose – ähnlicher Geruch, der je nach Verdünnungsstufe mit (geruchsneutralem) Propylenglykol versetzt war. Die anderen beiden Flaschen der Stufe wurden ausschließlich mit Propylenglykol befüllt. Die Geruchsprobe mit höchster Konzentration enthielt 10ml 2 – Phenylethanol (100%) und entsprach der Punktzahl „1“, was das „schlechteste Riechen“ markierte. Jede weitere Konzentrationsstufe wurde 10:1 verdünnt, sodass Stufe 2 entsprechend 10 % Duftstoff, Stufe 3 noch 1% Phenylethanol enthielt und so weiterführend. Das „beste Riechen“ wurde mit einer Punktzahl von „8“ markiert.

4.6.2. Identifikation

Zur Überprüfung des retronasalen Identifikationsvermögens wurde das für Deutschland konzipierte Schmeckpulver - Kit verwendet, das pulverisierte alltägliche Lebensmittel enthält. Zwanzig verschiedene, in normalen Einkaufsläden erhältliche, Granulate wurden in kleine verdunkelte Glasfläschchen gefüllt. Genutzt wurden beispielsweise Gewürze und Instant – Nahrung. Nach Ausschluss von Nahrungsmittelunverträglichkeiten wurden die Teilnehmer dazu aufgefordert, die Zunge heraus zu strecken. Die Testleiterin platzierte dann eine kleine Menge des Testpulvers (ca. 0,05g) mittels eines Plastik – Spatels mittig auf die Zunge. Der Mund durfte danach wieder geschlossen werden und die Probanden wurden gebeten, durch die Nase auszuatmen. Aus einer Tabelle mit jeweils 4 verbalen Antwortmöglichkeiten sollte der am ehesten passende Geruch nach Forced Choice – Prinzip gewählt werden. Vor jedem Durchgang wurden die Teilnehmenden gebeten, ihren Mund mit etwas Wasser auszuspülen und ihre Augen auf die Tabelle gerichtet zu lassen. Dadurch, und durch die Tönung der Testbehältnisse, sollte vermieden werden, dass die Farbe des Pulvers Einfluss auf die Entscheidung nahm. Für jede richtige Antwort gab es einen Punkt, sodass am Ende maximal 20 Punkte erreicht werden konnten.



Abb. 6:
Schmeckpulvertestung

Tab. 4: Antwortmöglichkeiten Schmeckpulvertestung, die jeweils richtige Antwortmöglichkeit ist hier fett hervorgehoben.

1	Zimt	Muskat	Kaffee	Kakao
2	Kirsch	Banane	Honig	Vanille
3	Zimt	Honig	Karamell	Kakao
4	Wacholder	Karamell	Muskat	Kakao
5	Birne	Himbeere	Ananas	Weintraube
6	Himbeere	Erdbeere	Orange	Kirsch
7	Knoblauch	Schinken	Schnittlauch	Sellerie
8	Erdbeere	Johannisbeere	Apfel	Mandarine
9	Anis	Kümmel	Gewürznelke	Dill
10	Kakao	Zimt	Kaffee	Muskat
11	Milch	Kokosnuss	Vanille	Banane
12	Fisch	Schnittlauch	Brot	Geräuchertes
13	Senf	Curry	Käse	Gurke

14	Schnittlauch	Geräuchertes	Zwiebel	Salami
15	Sauerkraut	Knoblauch	Pizza	Gewürzbrot
16	Pilze	Brot	Fisch	Weißwein
17	Ingwer	Senf	Paprika	Curry
18	Zitrone	Sauerkirsch	Johannisbeere	Grapefruit
19	Paprika	Ingwer	Senf	Curry
20	Möhren	Petersilie	Schnittlauch	Sellerie

4.7. Schmecken

Da das retronasale Riechen aus dem Mund kommende Gerüche beschreibt, wird es häufig mit dem Schmecken verwechselt. Das entsprechende Organ ist allerdings die Zunge, nicht etwa der Bulbus olfactorius. Während mit dem retronasalen Riechen u.a. die Aromawahrnehmung ermöglicht wird, können über die Zunge die Kategorien „süß“, „sauer“, „bitter“ und „salzig“ erkannt werden. Häufig ist die Ursache eines subjektiv empfundenen Geschmacksverlust vielmehr eine Riechminderung (Malaty & Malaty, 2013; Soter et al., 2008). Die beiden Sinnesmodalitäten hängen eng zusammen und eine Verschlechterung des einen Sinnes kann mit der Minderung des anderen einher gehen. Da das Riechen sehr genau untersucht werden sollte, war es sinnvoll, das Schmecken mittels eines kurzen Screenings abzutesten.

4.7.1. Schmecksprays

Testobjekte waren vier verschiedene Schmecksprays in unterschiedlichen Geschmacksrichtungen. In jeder Flasche fand sich 100ml Wasser - „Süß“ beinhaltet zusätzlich 10g D - Saccharose, „sauer“ 5g Zitronensäure. Die Flasche „bitter“ war zusätzlich mit 0,025g Chininhydrochlorid befüllt und „salzig“ mit 7,5g NaCl. Die Teilnehmer wurden gebeten, den Mund zu öffnen. Die Testleiterin sprühte dann einen kräftigen Stoß einer überschwellig Schmeckprobe auf die Zunge.



Abb. 7:
Schmecksprays

Die Versuchsperson sollte nun benennen, um welche Geschmacksrichtung es sich ihrer Meinung nach handelt. Bei Nichterkennen sollte trotzdem eine Wahl getroffen werden. Zwischen den Sprays wurden die Teilnehmer gebeten, ihren Mund mit Wasser auszuspülen. Getestet wurde immer in der Reihenfolge salzig – sauer – bitter – süß. Für jede richtige Antwort gab es einen Punkt. Ein Maximum von 4 Punkten konnte erreicht werden.

5. Datenanalyse

Die Ergebnisse der Teilnehmer wurden auf vorgefertigten Protokollen pseudonymisiert vermerkt und anschließend in Microsoft Office Excel 2022 (Version 16.64) übertragen. Eine Auflistung der Klarnamen wurde tabellarisch geführt und getrennt von den pseudonymisierten Ergebnissen aufbewahrt. Die Dissertationsschrift einschließlich Übersichtstabellen ist in Microsoft office Word 2022 (Version 16.64) erstellt worden. Die statistische Auswertung erfolgte mit Jamovi (2022) Version 2.3.28.0 und SPSS (Statistical Packages for Social Sciences) Version 29.0.2.0. (2022). Korrelationsanalysen erfolgten gemäß Pearson und Spearman. Die differenzierte Auswertung der Geruchsfunktionen in Abhängigkeit vom Alter erfolgte über ANOVAs („Analysis of Variance“) mit Messwiederholungen. Das Signifikanzniveau (p) betrug hierbei für alle Testungen $p < 0.05$. Für die Erstellung von Graphiken und statistischen Tabellen wurden Jamovi (2022) Version 2.3.28.0 und Biorender.com genutzt. Die Literaturverwaltung, Zitation und Erstellung eines automatischen Literaturverzeichnisses erfolgte mittels Zotero 6.0.30.

6. Ergebnisse

Insgesamt nahmen 171 Probanden an der Studie teil. Bei 135 von ihnen wurden die Schmeckspraytestungen durchgeführt. Eine Person lehnte die Testung der Retronasalen Identifikation ab, bei sechs Personen wurden auf Grund von Allergien nur 19 von 20 Items getestet, bei einer Person auf Grund von Vegetarismus 18 Items.

6.1. Geruchsfunktion in Abhängigkeit vom Geschlecht

Vierundsechzig der Teilnehmer waren männlich (37.4%), 107 waren weiblich (62.6%).

Anhand der Ergebnisse der orthonasalen Identifikationstestung wurden die Teilnehmer in die Gruppen anosmisch (0 – 8 Punkte), hyposmisch (9 – 12 Punkte) und normosmisch (13 – 15 Punkte) eingeteilt. Eingeteilt nach Geschlecht gab es prozentual mehr anosmische Männer (10.9%, $n = 7$) als Frauen (4.7%, $n = 5$), obwohl insgesamt weniger Männer als Frauen teilgenommen haben. Hyposmisch waren 39.25 % der Frauen ($n = 42$) und 40.63% ($n = 26$) der Männer. Bei beiden Geschlechtern war jeweils der überwiegende Teil normosmisch, d.h. bei den Frauen 56.07% ($n = 60$) und bei den Männern 48.44% ($n = 31$).

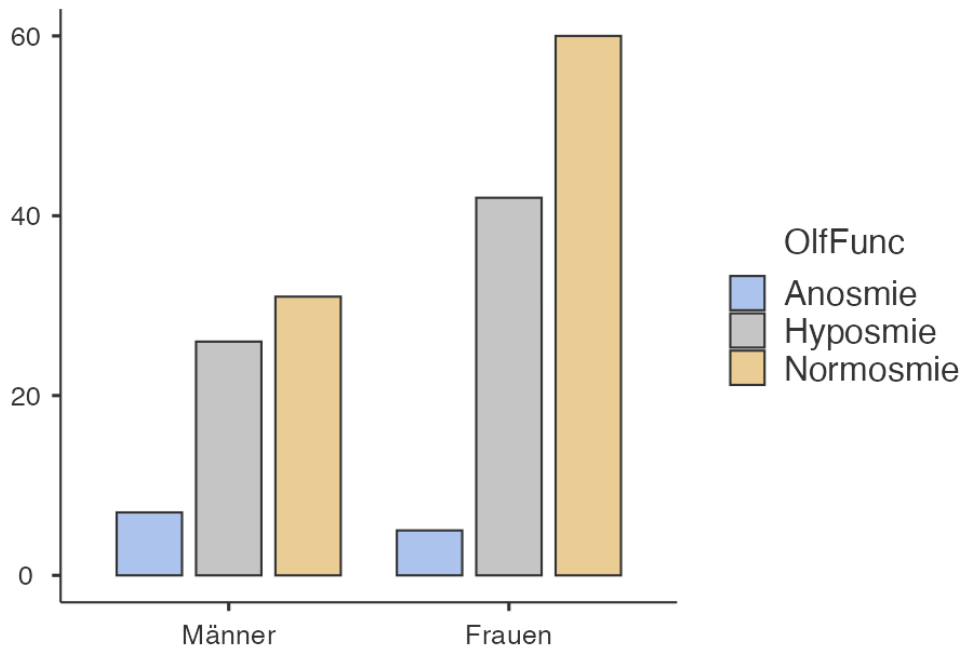


Abb. 8: Einteilung der Teilnehmer nach dem Geschlecht und ihrer jeweiligen olfaktorischen Funktion („OlfFunc“)

Tab. 5: Einteilung der Teilnehmer nach dem Geschlecht und ihrer jeweiligen olfaktorischen Funktion („OlfFunc“)

Geschlecht	OlfFunc	Anzahl	% von gesamt
Männer	Anosmie	7	4.1
	Hyposmie	26	15.2
	Normosmie	31	18.1
Frauen	Anosmie	5	2.9
	Hyposmie	42	24.6
	Normosmie	60	35.1

6.2. Geruchsfunktion in Abhängigkeit vom Alter

Rekrutiert wurden Teilnehmer im Alter von 18 – 35 Jahren („jung“, $n = 98$, $M = 25.8$, $SD = 5.3$) und ab 55 Jahren („alt“, $n = 73$, $M = 68.3$, $SD 10.6$).

Für eine möglichst differenzierte Auswertung wurden für einige Betrachtungen die Teilnehmer zusätzlich in kleinschrittigere Altersgruppen gesplittet.

Tab. 6: Kleinschrittige Einteilung der Teilnehmer in Altersgruppen

Gruppe	Alter	Anzahl
1	18-20 Jahre	22
2	21-30 Jahre	51
3	31-40 Jahre	25
4	41-50 Jahre	0
5	51-60 Jahre	26
6	61-70 Jahre	19
7	71-80 Jahre	18
8	81-90 Jahre, 94 Jahre	10

6.2.1. Identifikationstestungen

Orthonasale Identifikation: Einteilung norm-,hyp-,anosmisch

Von insgesamt 171 Teilnehmern waren 12 anosmisch (7.0%), 68 hyposmisch (39.8%) und der Großteil der Teilnehmenden (n = 91, 53.2%) normosmisch. Es zeigte sich eine starke negative Korrelation zwischen dem Alter und der orthonasalen Identifikation ($r = -0.56$, $p < 0.001$). Um zu überprüfen, wie sich die orthonasale Identifikation eingeteilt nach den zwei großen Altersgruppen „jung“ und „alt“ verhält, wurde ein Mann – Whitney – U – Test durchgeführt, da die Voraussetzungen für einen T – Test nicht erfüllt wurden (signifikantes Ergebnis Levene-Test). Dabei wurde ein signifikanter Unterschied bezüglich der orthonasalen Identifikation festgestellt ($U = 1791$, $p < 0.001$).

Die jüngere Altersgruppe erreichte durchschnittlich eine höhere Punktzahl in der orthonasalen Identifikationstestung ($M = 13.1$, $SD = 1.47$) als die ältere Altersgruppe ($M = 11.0$, $SD = 2.57$). Die überwiegende Anzahl der Jüngeren war normosmisch (69.4%, n = 68) und 30.6% der jüngeren Teilnehmenden waren hyposmisch (n = 30). Keiner der jüngeren Teilnehmer war anosmisch.

In der älteren Altersgruppe hingegen überwog der Anteil der hyposmischen Teilnehmer (n = 38, 52.1%). 23 der älteren Probanden waren normosmisch (31.5%) und 12 waren anosmisch (16.4%).

Tab. 7: Olfaktorische Funktion („OlfFunc“) in Abhängigkeit vom Alter („jung“ = 18 – 35 Jahre, „alt“ = ab 55 Jahren)

OlfFunc	Alter jung/alt	Anzahl	% von gesamt
Anosmie	jung	0	0.0
	alt	12	7.0
Hyposmie	jung	30	17.5
	alt	38	22.2
Normosmie	jung	68	39.8
	alt	23	13.5

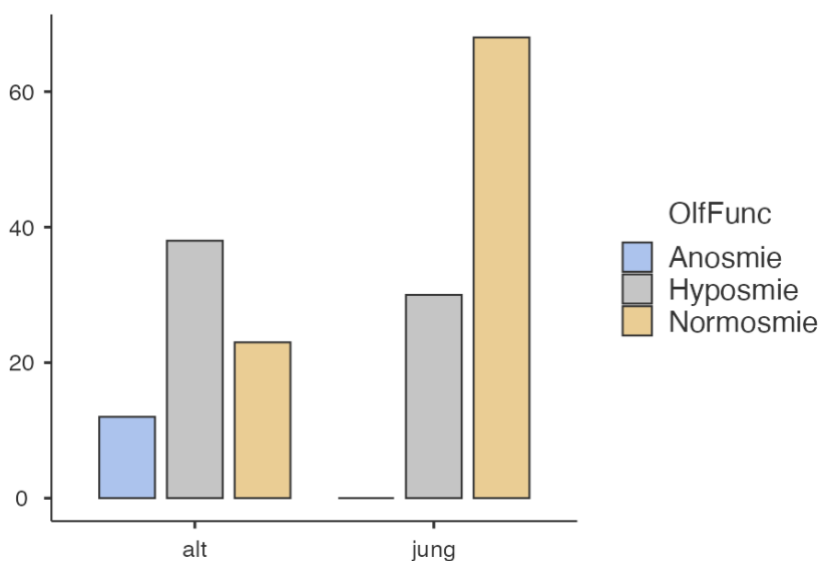


Abb. 9: Olfaktorische Funktion („OlfFunc“) in Abhängigkeit vom Alter („jung“ = 18 – 35 Jahre, „alt“ = ab 55 Jahre)

Zusätzlich wurden die Teilnehmer noch kleinschrittiger (siehe Tab. 6) in unterschiedliche Altersgruppen unterteilt. Da die Geruchsfunktion maßgeblich durch die orthonasale Identifikation bestimmt wird, war es sinnvoll, jede Altersgruppe hinsichtlich der dominierenden/überwiegenden Geruchsfunktion zu analysieren.

In den Gruppen 1 – 3 (also bis max. 40 Jahre) war jeweils über die Hälfte der Teilnehmer normosmisch. In Gruppe 5 fanden sich 15 Normosmiker (57.7%), dicht gefolgt von 11 Hyposmikern (42.3%). Erstmals in der Gruppe von 61 – 70 Jahren (n = 19) stellt die Hyposmikergruppe (n = 11) mit 57.9% die Mehrheit, gefolgt von 6 Normosmikern (31.6%). Auch in Gruppe 7 (n = 18, 71 – 80 Jahre) überwog die Anzahl der Hyposmiker (n = 9,5%) und in der Altersklasse ab 81 Jahren (n = 10) stellte sie mit 70% (n = 7) den deutlich größten Anteil.

Tab. 8: Kleinschrittige Einteilung Altersgruppen bezüglich ihrer olfaktorischen Funktion („OlfFunc“)

Gruppe Alter kleinschrittig	OlfFunc	Anzahl	% von Altersgruppe	% von Gesamt
1 18 – 20 Jahre	Anosmie	0	0	0.0
	Hyposmie	8	36.4	4.7
	Normosmie	14	63.6	8.2
2 21 – 30 Jahre	Anosmie	0	0	0.0
	Hyposmie	15	29.4	8.8
	Normosmie	36	70.6	21.1
3 31 – 40 Jahre	Anosmie	0	0	0.0
	Hyposmie	7	28	4.1
	Normosmie	18	72	10.5
5 51 – 60 Jahre	Anosmie	0	0	0.0
	Hyposmie	11	42.3	6.4
	Normosmie	15	57.7	8.8
6 61 – 70 Jahre	Anosmie	2	10.5	1.2
	Hyposmie	11	57.9	6.4
	Normosmie	6	31.6	3.5
7 71 – 80 Jahre	Anosmie	7	38.9	4.1
	Hyposmie	9	50	5.3
	Normosmie	2	11.1	1.2
8 81 – 90, 94 Jahre	Anosmie	3	30	1.8
	Hyposmie	7	70	4.1
	Normosmie	0	0	0.0

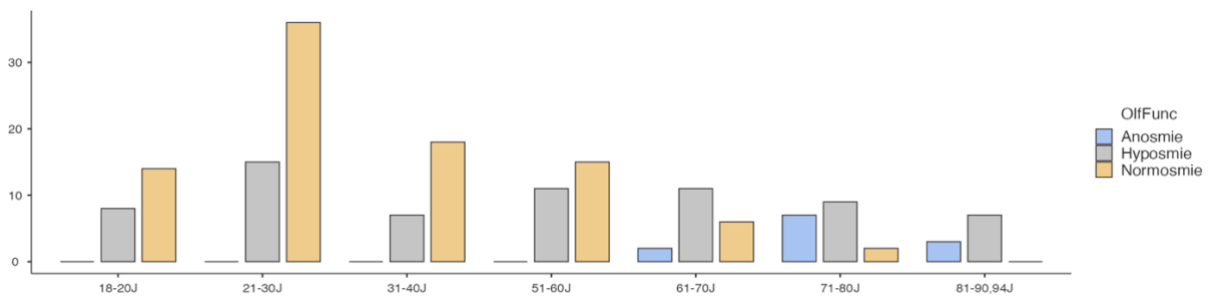


Abb. 10: Kleinschrittige Altersgruppen, unterteilt bezüglich ihrer olfaktorischen Funktion („OlfFunc“)

Retronasale Identifikation

170 Teilnehmer wurden bezüglich ihrer retronasalen Identifikation mittels Schmeckpulver getestet. Eine Person aus der älteren Altersgruppe lehnte die Testung komplett ab, sodass sie nicht mit in die Beobachtung eingeflossen ist. Es war eine negative Korrelation zwischen retronasalem Riechvermögen und dem Alter zu beobachten ($r = -0.54$, $p < 0.001$), eine Korrelation auch bezüglich der kleinschrittig eingeteilten Altersgruppen ($r = -0.52$, $p < 0.001$). Ein Mann-Whitney- U- Test wurde durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass das Alter signifikant mit der retronasalen Identifikation korreliert ($U = 1928$, $p < 0.001$).

Wie auch bei der orthonasalen Identifikationsprüfung zu beobachten, erreichte die Altersgruppe von 18 – 35 Jahren durchschnittlich einen höheren Wert ($n = 98$, $M = 16.3$, $SD = 1.86$) als die Altersgruppe ab 55 Jahren ($n = 72$, $M = 14.0$, $SD = 3.20$). In beiden Gruppen gab es Teilnehmer, die das Testmaximum von 20 Punkten erreichten. Während aber in der jüngeren Altersgruppe minimal 12 Punkte erreicht worden sind, sank die Punktzahl der älteren Gruppe bis auf minimal 5 Punkte ab.

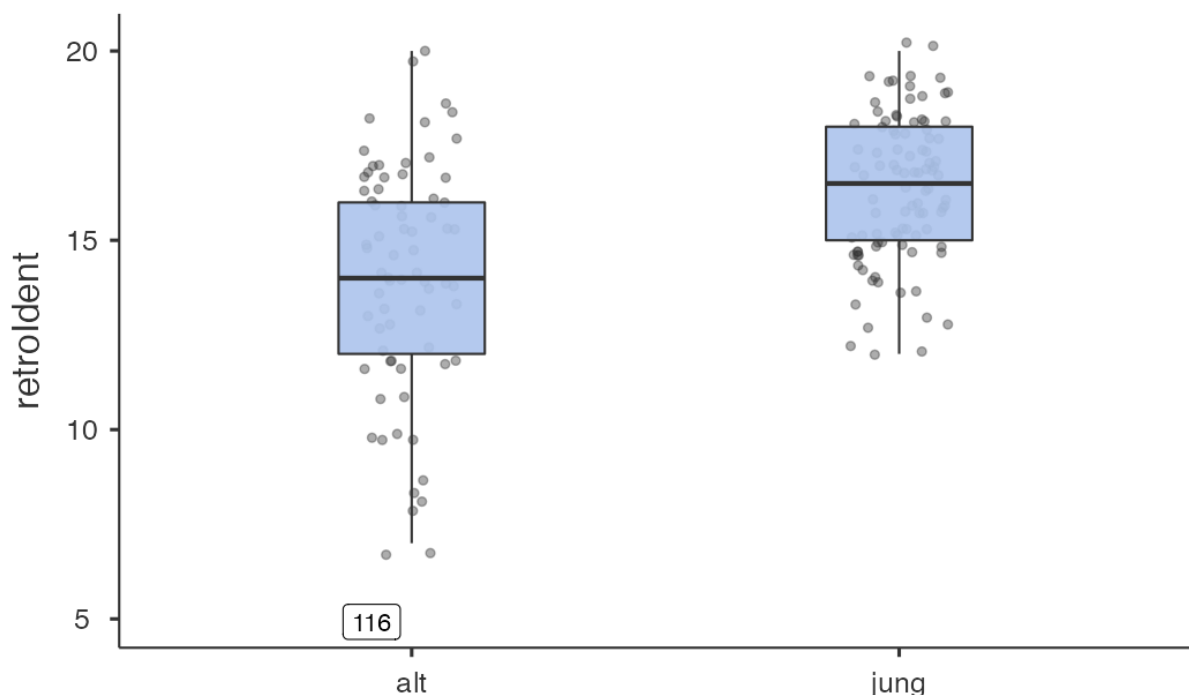


Abb. 11: Ergebnisse der retronasalen Identifikationstestung („Retroident“), aufgeteilt nach „jung“ (18 – 35 Jahre) und „alt“ (ab 55 Jahren)

Des Weiteren wurden die Teilnehmer anhand der Ergebnisse in Gruppen bezüglich ihrer retronasalen Geruchsfunktion eingeteilt. In Anlehnung an die Einteilung in norm - , hyp – und anosmisch gemäß der orthonasalen Identifikationstestung, wurde eine prozentual gleiche Gruppierung in „high“, „intermediate“ und „low“ entsprechend der erreichten Punktzahlen in der retronasalen Identifikationstestung erstellt (siehe Tab. 9).

So erreichte die Gruppe „high“ 16 – 20 Punkte, „intermediate“ 11 - 15 Punkte und die Gruppe „low“ einen Score von ≤ 10 .

Tab. 9: Übersicht über Einteilung der retronasalen Identifikationsleistung („Retroident“) in Anlehnung an die bereits etablierte Einteilung (Pieniak et al., 2022) des orthonasalen Identifikationsvermögens („Ortholdent“)

	Prozentzahl	Score Ortholdent	Bezeichnung Ortholdent	Score Retroident	Bezeichnung Retroident
	0 – 50 %	≤ 8	Anosmisch	≤ 10	low
	bis 75 %	9 – 12	Hyposmisch	11 – 15	intermediate
	bis 100 %	13 – 16	Normosmisch	16 – 20	high
Maximum	100%	16		20	

In der Altersgruppe von 18 – 35 Jahren (n = 98) gab es keine Teilnehmer, die „low“ gruppiert worden sind, 35,7% (n = 35) waren in der „intermediate“ Gruppe, 64,3% (n = 63) in „high“.

In der Altersgruppe ab 55 Jahren (n = 72) waren 11 Personen „low“ (15,3%) und 26 Teilnehmer „high“ (36,1%). Den deutlich größten Teil machte die „intermediate“ Gruppe aus: 35 Personen, was 48,6% der älteren Teilnehmer entsprach.

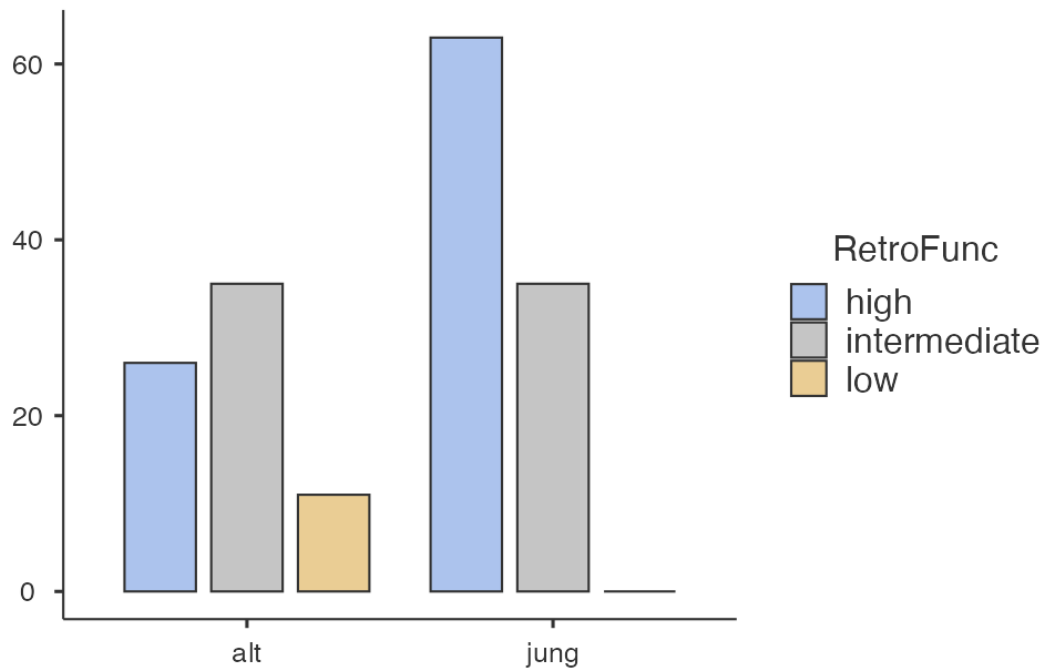


Abb. 12: Einteilung der Teilnehmer nach Alter („jung“ = 18 – 35 Jahre, „alt“ = ab 55 Jahren) und Gruppierung bezüglich ihrer retronasalen Geruchsfunktion („RetroFunc“)

6.2.2. Schwellentestungen

Orthonasale Schwelle

Die Analyse der orthonasalen Schwellentestungen zeigte, dass die jüngere Altersgruppe im Alter von 18 – 35 Jahren ($n = 98$, $M = 5.10$, $SD = 1.26$) eine höhere Schwelle hatte als die ältere Altersgruppe (ab 55 Jahren), mit der sie verglichen wurde ($n = 73$, $M = 4.10$, $SD = 1.63$). Es zeigte sich eine negative Korrelation ($r = -0.33$, $p < 0.001$). Das bedeutet, dass die jüngere Altersgruppe bereits geringere Mengen orthonasal angebotene Duftstoffe wahrnehmen konnte als die ältere.

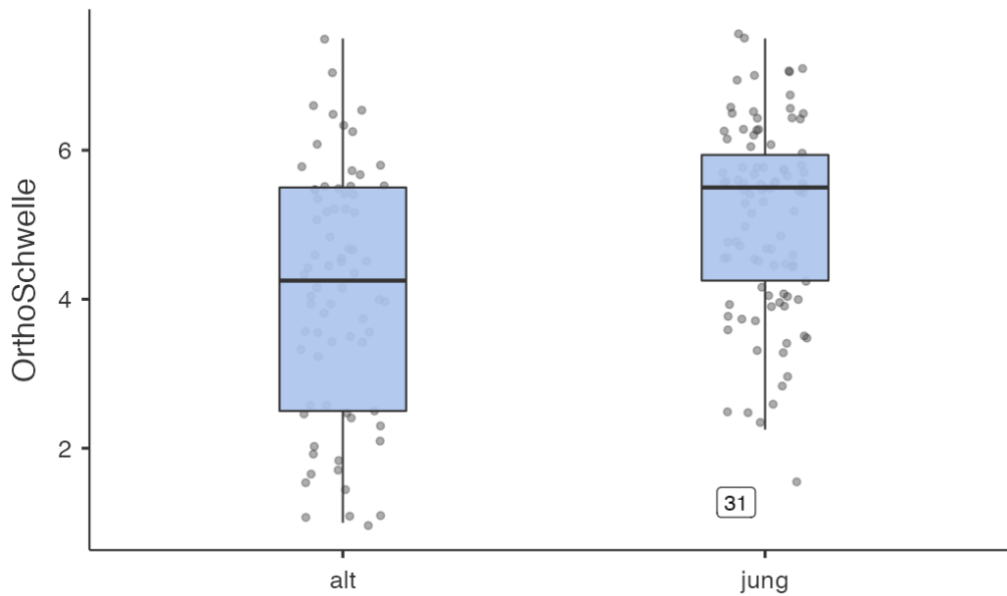


Abb. 13: Vergleich der jüngeren (18 – 35 Jahre) mit der älteren (ab 55 Jahren) Altersgruppe bezüglich ihrer orthonasalen Schwelle („OrthoSchwelle“)

Nach erneuter kleinschrittiger Einteilung der Teilnehmenden nach ihrem Alter (siehe Tab. 6) zeigte sich, dass die Gruppe der Teilnehmenden unter 20 Jahren durchschnittlich die höchste orthonasale Schwelle ($n = 22$, $M = 5.17$, $SD = 1.37$) hatte. Am schlechtesten schnitten die Teilnehmenden über 80 Jahren ab ($n = 10$, $M = 3.52$, $SD = 1.37$). Insgesamt war eine negative Korrelation zwischen Alter und orthonasaler Schwelle zu beobachten, das bedeutet, dass mit steigendem Alter die orthonasale Schwelle sank. Auffällig war Gruppe 6 (61 – 70 Jahre, $n = 19$), welche zum einen eine deutlich größere Standardabweichung als die anderen Gruppen hatte ($SD = 2.07$) und zum anderen eine niedrigere Schwelle ($M = 3.91$) als ihre folgend ältere Gruppe (71 – 80 Jahre, $n = 18$, $M = 3.97$) aufwies.

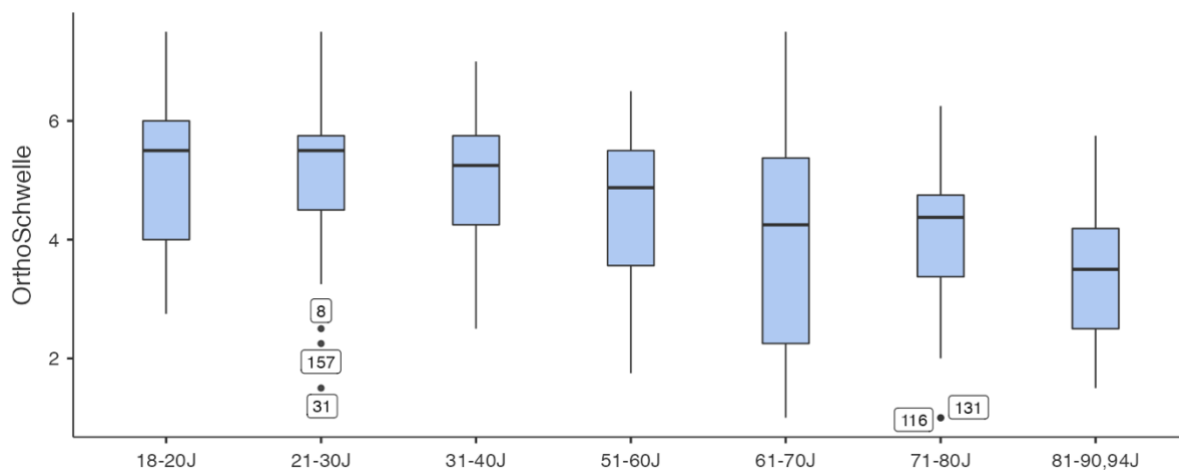


Abb. 14: Orthonasale Schwellen bei kleinschrittig eingeteilten Altersstufen

Tab. 10: Ergebnisse orthonasaler Schwellentestung, eingeteilt nach Altersstufen

Alter kleinschrittig	Anzahl	Standardabweichung	Mittelwert
1: 18- 20 Jahre	22	1.37	5.17
2: 21- 30 Jahre	51	1.26	5.11
3: 31- 40 Jahre	25	1.21	5.01
5: 51- 60 Jahre	26	1.39	4.56
6: 61- 70 Jahre	19	2.07	3.91
7: 71- 80 Jahre	18	1.51	3.97
8: 81- 90, 94 Jahre	10	1.37	3.52

Retronasale Schwelle

Die Testung der retronasalen Schwelle zeigte, dass die jüngere Altersgruppe (n = 98) eine höhere (M = 5.33, SD = 1.43) und somit bessere Punktzahl erreichte als die ältere Altersgruppe ab 55 Jahren (n = 73, M = 4.25, SD = 1.76). Es zeigte sich eine negative Korrelation ($r = -0.32$, $p < 0.001$). In beiden Altersgruppen gab es Teilnehmer, die ein Maximum von 7.5 Punkten erreichen konnten. Das Minimum lag hingegen bei den Jüngeren bei 1.5 Punkten, bei den Älteren bei 1 Punkt.

Bei der kleinschrittigen Einteilung der Teilnehmer nach Alter fiel auf, dass Gruppe 1 (18 – 20 Jahre) im Durchschnitt schlechter abschnitt (n = 22, M = 5.08, SD = 1.62) sowohl als Gruppe 2 (21 – 30 Jahre, n = 51, M = 5.42, SD = 1.29) und auch als Gruppe 3 (31 – 40 Jahre, n =

25, $M = 5.36$, $SD = 1.53$). Abgesehen von dieser Auffälligkeit, herrschte eine negative Korrelation zwischen retronasaler Schwelle und dem Alter. In der Altersgruppe ab 81 Jahren ($n = 10$) zeigte sich ein deutlicher Abfall des Mittelwertes ($M = 2.95$, $SD = 1.29$) im Vergleich zur vorherigen Altersgruppe (71 – 80 Jahren, $n = 18$, $M = 4.31$, $SD = 1.84$).

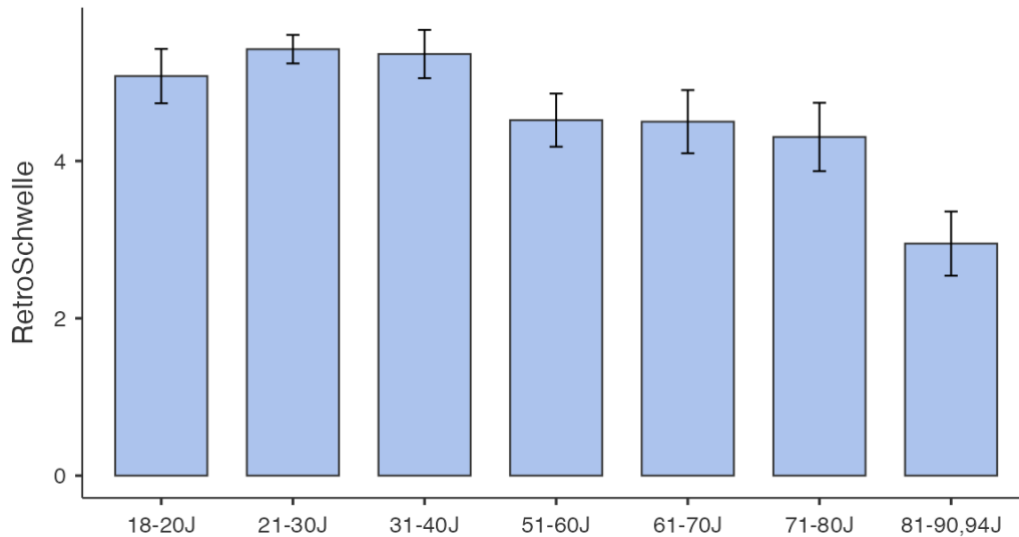


Abb. 15: Ergebnisse der retronasalen Schwellentestung („RetroSchwelle“), eingeteilt nach kleinschrittigen Altersstufen

Tab. 11: Ergebnisse retronasaler Schwellentestung, eingeteilt nach kleinschrittigen Altersstufen

Alter kleinschrittig	Anzahl	Standardabweichung	Mittelwert
1: 18- 20 Jahre	22	1.62	5.08
2: 21- 30 Jahre	51	1.29	5.42
3: 31- 40 Jahre	25	1.53	5.36
5: 51- 60 Jahre	26	1.72	4.52
6: 61- 70 Jahre	19	1.75	4.50
7: 71- 80 Jahre	18	1.84	4.31
8: 81- 90, 94 Jahre	10	1.29	2.95

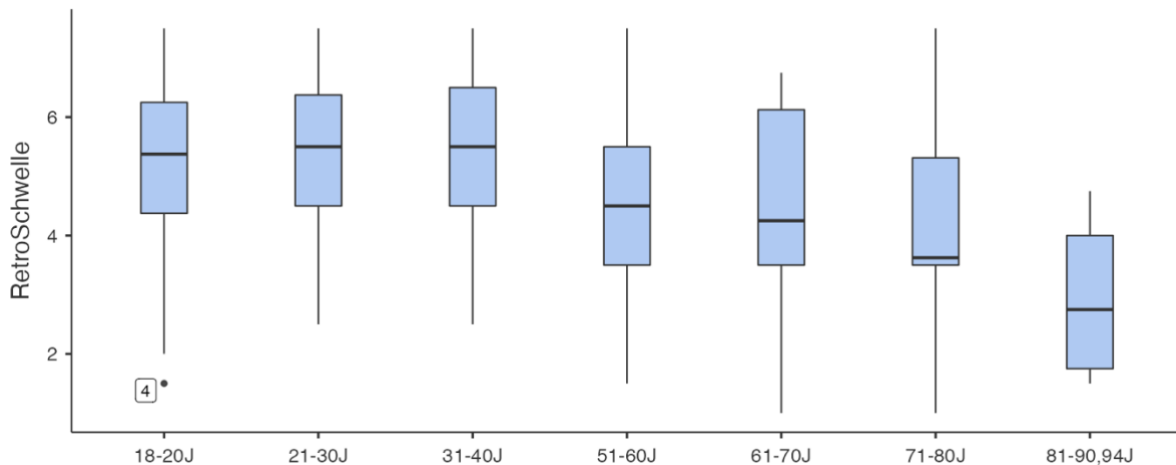


Abb. 16: Retronasale Schwellen („RetroSchwelle“) bei kleinschrittig eingeteilten Altersstufen

6.3. Orthonasales Riechen

Beim orthonasalen Riechvermögen der Teilnehmer gab es eine positive Korrelation zwischen der Identifikations – und Schwellentestung ($r = 0.31$, $p = < 0.001$).

6.4. Retronasales Riechen

Bei der Betrachtung des retronasalen Riechens war eine positive Korrelation erkennbar zwischen der Schwellen – und Identifikationstestung ($r = 0.35$, $p = < 0.001$).

6.5. Ortho – und retronasales Riechvermögen im Vergleich

Da das Identifikationsvermögen der Geruchsrouen unterschiedliche Maximalwerte umfasste (orthonasal max. 16 Punkte, retronasal max. 20 Punkte), wurde zur besseren Vergleichbarkeit eine min. – max. Normalisierung vorgenommen. Dies bot den Vorteil, dass dadurch das ortho – und retronasale Identifikationsvermögen unmittelbar miteinander verglichen und eventuell auftretende Verzerrungen vermieden werden konnten, trotz unterschiedlicher Wertebereiche. Beide Variablen wurden auf einer einheitlichen Skala angeordnet, im Bereich zwischen 0 und 100 (entsprach orthonasal 16 Punkten und retronasal 20 Punkten). Daher sind die Werte von Konfidenzintervall und Mittelwert mit einem Maximalwert von 100 zu betrachten. Für den Vergleich der Schwellentestungen war eine Normalisierung nicht notwendig, da für beide Geruchsrouen max. acht Punkte erreicht

werden konnten und eine gute Vergleichbarkeit gegeben war. Das ortho – und retronasale Identifikationsvermögen zeigte eine starke Korrelation zueinander ($r = 0.56$, $p < 0.001$).

Für eine Vergleichbarkeit zwischen ortho – und retronasalem Riechvermögen wurden ANOVA – Analysen mit wiederholten Messungen (2 (Innersubjektfaktor „Route“: orthonasal vs. retronasal) *2 (Innersubjektfaktor „Test“: Geruchsschwelle vs. Identifikation) *2 (Zwischensubjektfaktor „Altersgruppen“ jung vs. alt) *3 (Zwischensubjektfaktor „Olfaktorische Funktion“ norm - , hyp – und anosmisch)) durchgeführt. Zwischen beiden Routen zeigte sich bezüglich der Geruchsidentifikation ein signifikanter Haupteffekt ($F [1.165] = 25.19$, $p < 0.001$, siehe Tab. 13). Es konnten hierbei keine Wechselwirkungen zwischen dem Alter und der Route (ortho – / retronasal) gefunden werden ($F [1,165] = 3.24$, $p = 0.074$, siehe Tab. 13). In den Post-hoc Analysen zeigte sich, dass die jüngeren Personen den älteren bezüglich der ortho – und retronasalen Geruchsidentifikation überlegen waren (siehe Tab. 12) und dass beide Altersgruppen in der retronasalen Identifikation besser abschnitten als in der orthonasalen.

Tab. 12: Bonferroni korrigierte Posthoc-Analyse für das Identifikationsvermögen in Abhängigkeit vom Alter („Routelident“ = Route des Identifikationsvermögens, „1“ = jung, „2“ = alt, „M.Diff“ = Mittelwertsdifferenz, „Std.-Fehler“ = Standardfehler, „Sig“ = Signifikanz)

Routelident	Altersgruppe		M.Diff	Std.-Fehler	Sig.
ortho	1	2	21.0	1.4	< 0.001
	2	1	- 21.0	1.4	< 0.001
retro	1	2	19.0	2.5	< 0.001
	2	1	-19.0	2.5	< 0.001

Tab. 13: Multivarianzanalyse ortho - und retronasales Identifikationsvermögen, Sig. = Signifikanz, df = Freiheitsgrade

Effekt	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Routelident	25.19	1.00	165.00	< 0.001
Routelident * OlfFunc	26.17	2.00	165.00	< 0.001
Routelident * Altersgruppen	3.24	1.00	165.00	0.074
Routelident * OlfFunc * Altersgruppen	0.02	1.00	165.00	0.883

Die Prüfung zwischen der olfaktorischen Funktion (norm -, hyp- und anosmisch) und der Route (ortho - / retronasal) zeigte sich signifikant bezüglich der Geruchsidentifikation ($F [2,165] = 26.17, p < 0,001$, siehe Tab. 13). Eine Bonferroni – korrigierte Post-hoc-Analyse zeigte, dass die beste retronasale Geruchsidentifikation bei den Normosmikern zu finden war, während die schlechteste bei den Anosmikern auftrat (siehe Tab. 14). Eine weitere interessante Beobachtung zeigte sich: bei Betrachtung der Mittelwerte fiel auf, dass in der Gruppe der Normosmiker die orthonasale Geruchsidentifikation im Mittel besser war als die retronasale. Bei den Hyp- und Anosmikern hingegen war das retronasale Identifikationsvermögen dem orthonasalen überlegen (siehe Tab. 15).

Darüber hinaus zeigte sich keine Interaktion ($p = 0.36$) zwischen der Route (ortho- /retronasal) und „Test“ (Identifikation/Schwelle), was Hinweise darauf liefert, dass Schwelle und Identifikation hinsichtlich ortho – und retronasalem Riechen ein ähnliches Veränderungsmuster aufweisen

Tab. 14: Bonferroni korrigierte Post hoc Analyse der olfaktorischen Funktion („OlfFunc“), „Std. - Fehler“ = Standardfehler, „Sig“ = Signifikanz, KI = Konfidenzintervall

OlfFunc 1	OlfFunc 2	Mittelwertsdifferenz 1-2	Std.- Fehler	Sig.	95% KI	
					Untergrenze	Obergrenze
anosmisch	Hyposmisch	-36.43	2.826	<0.001	-43.26	-29.59
	normosmisch	-53.66	2.769	<0.001	-60.35	-46.96
hyposmisch	anosmisch	36.43	2.826	<0.001	29.59	43.26
	normosmisch	-17.23	1.451	<0.001	-20.74	-13.72
normosmisch	anosmisch	53.66	2.769	<0.001	46.96	60.35
	hyposmisch	17.23	1.451	<0.001	13.72	20.74

Tab. 15: ANOVA mit Messwiederholung, „OlfFunc“= olfaktorische Funktion, „norm“ =normosmisch, „hyp“ = hyposmisch, „an“ = anosmisch, „ortho“ = orthonasal, „retro“ = retronasal, „KI“ = Konfidenzintervall, „u.W.“ = unterer Wert, „o.W.“ = oberer Wert

Messung	Alter	OlfFunc	Route	Mittelwert	SD	KI	
						95% u.W.	95% o.W.
Identifikation	jung	norm	ortho	80.88	8.77	78.9	82.9
			retro	77.16	11.53	73.6	80.7
		hyp	ortho	58.18	7.00	55.1	61.2
			retro	72.22	13.80	66.9	77.6
		an	ortho	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
			retro	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		gesamt	ortho	73.93	13.35		
			retro	75.65	12.41		
	alt	norm	ortho	79.95	6.39	75.6	82.5
			retro	70.72	10.39	64.6	76.9
		hyp	ortho	52.83	9.54	50.1	55.6
			retro	61.44	20.19	56.6	66.3
		an	ortho	13.64	9.88	8.8	18.5
			retro	35.00	21.49	26.5	43.5
		gesamt	ortho	54.67	23.51		
			retro	60.00	21.35		
Schwelle	jung	Norm	ortho	5.16	1.27	4.83	5.49
			retro	5.31	1.33	4.94	5.68
		Hyp	ortho	4.96	1.24	4.46	5.46
			retro	5.38	1.65	4.82	5.93
		An	ortho	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
			retro	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
		gesamt	ortho	5.10	1.26		
			retro	5.33	1.46		
	alt	norm	ortho	3.96	1.42	3.39	4.52
			retro	4.24	1.58	3.61	4.87
hyp		ortho	4.59	1.56	4.15	5.03	

			retro	4.68	1.60	4.19	5.17
		an	ortho	2.83	1.59	2.05	3.62
			retro	2.90	1.97	2.02	3.77
		gesamt	ortho	4.10	1.63		
			retro	4.25	1.76		

Bezüglich der Schwellentestung fand sich eine starke Korrelation zwischen ortho – und retronasal ($r = 0.57$, $p < 0.001$). Im direkten Vergleich der Wahrnehmungsschwellen der Riechwege zeigte sich, dass beide Altersgruppen insgesamt retronasal durchschnittlich höhere Scores erzielen konnten als orthonasal. Es zeigte sich bei beiden Altersgruppen eine negative Korrelation zu den Schwellentestungen – sowohl beim orthonasalen ($r = -0.35$, $p < 0.001$) als auch beim retronasalen ($r = -0.34$, $p < 0.001$) Riechen. Die jüngere Altersgruppe ($n = 98$) erreichte orthonasal einen Mittelwert von 5.10 (SD = 1.26), retronasal 5.33 (SD = 1.46), somit war sie der älteren Gruppe bei beiden Routen überlegen. Die Gruppe ab 55 Jahren erreichte im Mittel einen Score von 4.10 (SD = 1.63) orthonasal, retronasal einen Mittelwert von 4.25 (SD = 1.76).

Es konnte kein signifikanter Haupteffekt oder eine Interaktion (alle $p > 0.05$) gefunden werden zwischen der Schwellentestung und der olfaktorischen Funktion (siehe Tab. 16).

Tab. 16: Multivarianzanalyse von ortho - und retronasalem Schwellenvermögen und der olfaktorischen Funktion („OlfFunc“) in Abhängigkeit vom Alter, Sig. = Signifikanz, df = Freiheitsgrade

Effekt	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
RouteSchwelle	1,90	1.00	166,00	0,170
RouteSchwelle * OlfFunc	0,05	2.00	166,00	0,955
RouteSchwelle * Altersgruppen	0,15	1.00	166,00	0,696
RouteSchwelle * OlfFunc * Altersgruppen	0,83	1.00	166,00	0,364

6.6. Subjektives Riech – und Schmeckvermögen

Die subjektive Einschätzung des Riechvermögens unterschied sich nur wenig zwischen der jüngeren und älteren Teilnehmergruppe. Die jüngere Gruppe im Alter von 18 – 35 Jahren ($n = 98$) schätzte sich auf einen Mittelwert von 4.59 ($SD = 0.75$), die ältere Altersgruppe ($n = 73$) auf 4.48 im Mittel ($SD = 0.83$).

Die subjektive Einschätzung des Schmeckvermögens zeigte noch weniger altersabhängige Unterschiede. Während die jüngere Altersgruppe einen Mittelwert von 4.61 ($SD = 0.72$) angab, war die ältere Altersgruppe ($n = 73$) bei $M = 4.63$ ($SD = 0.82$).

Die Punktzahlen „4“ und „5“ wurden im Erhebungsbogen, der den Probanden vorlag, mit den Worten 4 = normal und 5 = gut definiert. Im Schnitt schätzten also die Teilnehmenden ihr Riech – und Schmeckvermögen als normal bis gut ein und es gab eine starke Korrelation zwischen beiden subjektiven Einschätzungen ($r = 0.62$, $p < 0.001$).

6.7. Subjektives und objektives Riechvermögen im Vergleich

Alle Teilnehmenden gaben an, subjektiv ein funktionierendes Riechvermögen zu haben.

Tatsächlich waren aber zwölf Probanden bei der Testung der orthonasalen Identifikation unterhalb des Cut – Off Wertes von neun, sodass diese als funktionell „anosmisch“ zu beschreiben sind (Pieniak et al., 2022). Von diesen zwölf Probanden gehörten alle der älteren Altersgruppe an.

Die Gruppe der Anosmiker ($n = 12$) schätzte ihr subjektives Riechvermögen im Durchschnitt am niedrigsten ein ($M = 4.17$, $SD = 0.93$). Die Gruppe der Normosmiker ($n = 91$, $M = 4.57$, $SD = 0.75$) und der Hyposmiker ($n = 68$, $M = 4.57$, $SD = 0.82$) schätzten sich im Mittel gleich ein.

Subjektiv am schlechtesten schätzte sich die Gruppe der Anosmiker ab 55 Jahren ein, sie haben einen Mittelwert von 4.17 ($SD = 0.94$) angegeben. Gefolgt wurden sie von den Normosmikern selber Altersgruppe, sie gaben einen Mittelwert von 4.39 mit einer Standardabweichung von 0.78 an.

Insgesamt wurde die subjektive Einschätzung des Riechvermögens nicht wesentlich von der tatsächlichen Geruchsfunktion, gemessen an der orthonasalen Identifikation, beeinflusst und es zeigte sich keine Korrelation ($r = 0.09$, $p = 0.23$).

Die einzige Geruchsfunktion, welche eine signifikante aber schwache Korrelation zeigte, war die retronasale Schwellentestung ($r = 0.16$, $p = 0.03$).

6.8. Fragebogen

Der Fragebogen sollte überprüfen, wie viel Bedeutung dem Riechen im Alltag zugesprochen wird und wie sehr es benutzt wird. Es wurden die Kategorien „Anwendung“, „Bewertung“ und „Konsequenz“ hinterfragt. Die Aggravationsneigung wurde über eine Lügenskala getestet.

Diese beinhaltete Fragen, welche die Tendenz zur Überbewertung der Bedeutung des Geruchssinnes abprüfen sollten. Eine beispielsweise durch soziale Erwünschtheit beeinflusste Antwort wäre möglich, die in diesem Zusammenhang unglaublich erscheint.

Eine positive Korrelation gab es zwischen dem subjektiven Riechvermögen der Teilnehmer und der im Fragebogen abgefragten „Anwendung“ ($r = 0.25$, $p = 0.001$) sowie der „Bewertung“ ($r = 0.27$, $p < 0.001$) und auch der „Konsequenz“ ($r = 0.17$, $p = 0.025$).

Auch zwischen der Aggravationstendenz und dem subjektiven Riechvermögen gab es eine positive Korrelation ($r = 0.21$, $p = 0.006$).

Durchschnittlich erreichte die ältere Gruppe höhere Punkte im Fragebogen als die jüngere Gruppe („jung“: $M = 32.4$, $SD = 6.31$, „alt“: $M = 33.3$, $SD = 8.40$), sodass sie dem Geruchssinn im Alltag mehr Bedeutung beizumessen schienen. Eine Korrelationsanalyse zeigte aber keine Korrelation zwischen dem Alter der Teilnehmer und ihrer Punktzahl im Fragebogen ($r = 0.04$, $p = 0.64$).

Da nach aktueller Studienlage das objektiv getestete Riechvermögen maßgeblich durch das orthonasale Identifikationsvermögen bestimmt wird, war es sinnvoll, dieses mit den gegebenen Antworten im Fragebogen in Bezug zu setzen. Die Gesamtpunktzahl des Fragebogens korrelierte nicht mit dem orthonasalen Identifikationsvermögen ($r = 0.09$, $p = 0.22$). Eine schwache Korrelation zeigte sich nur in Bezug zu der abgefragten „Bewertung“ ($r = 0.17$, $p = 0.03$), die restlichen Angaben des Fragebogens korrelierten nicht mit dem objektiv getesteten Riechvermögen.

Es zeigte sich, dass das retronasale Identifikationsvermögen, im Gegensatz zum orthonasalen, mit den Antworten des Fragebogens korrelierte ($r = 0.20$, $p = 0.01$). Eine positive schwache Korrelation des retronasalen Identifikationsvermögens gab es sowohl mit der abgefragten „Anwendung“ ($r = 0.19$, $p = 0.014$) als auch mit der „Bewertung“ ($r = 0.18$, $p = 0.017$).

6.9. Untersuchung der überschwelligen Schmeckempfindlichkeit

Die Schmeckspraytestungen wurden bei insgesamt 135 Personen durchgeführt, davon waren 73 (54.1%) im Alter von 18 – 35 Jahren, 62 Personen (45.9%) waren mindestens 55 Jahre alt. Die negative Korrelation zwischen Alter und der Erkennung der Schmecksprays war signifikant ($r = -0.24$, $p = 0.005$).

100 % richtig wurde ausschließlich das Spray mit der Geschmacksrichtung „süß“ in der jüngeren Altersgruppe erkannt. „Sauer“ erkannten 95.9% richtig, „salzig“ hatte eine Trefferquote von 93.2% und bitter 97.3%. Das ergab eine durchschnittliche Rate an richtigen Antworten von 96.6%.

In der älteren Gruppe wurde kein Spray zu 100 % richtig erkannt. „Süß“ konnte zu 98.4% detektiert werden, „sauer“ zu 77.4%. Bei „salzig“ gab es eine Trefferquote von 91.9%, „bitter“ wurde zu 90.3% richtig erkannt. Das ergab einen Gesamtwert von durchschnittlich 89.5%.

Alle Teilnehmer konnten also die Geschmacksrichtung „süß“ am zuverlässigsten detektieren. Die jüngeren hatten die größte Fehlerquote bei „salzig“, die älteren bei „sauer“.

Nicht selten wird in der Allgemeinbevölkerung das retronasale Riechvermögen mit dem Schmecken verwechselt bzw. fällt es schwer, beide Sinneseindrücke scharf voneinander abzugrenzen. Daher war es sinnvoll, sich das subjektive Schmeckvermögen der Teilnehmer im Verhältnis zur objektiven Testung des retronasalen Identifikationsvermögens anzuschauen. Dieses wurde, wie in Tab. 9 beschrieben, in die Gruppen „low“, „intermediate“ und „high“ eingeteilt. Es zeigte sich bezüglich der subjektiven Einschätzung eine Mittelwertsdifferenz je nach retronasaler Identifikationsgruppe. Die Teilnehmer aus „low“ ($n = 11$) gaben einen Mittelwert von 4.45 ($SD = 0.93$) an, Probanden aus „intermediate“ einen Mittelwert von 4.59 ($n = 70$, $SD = 0.77$) und die high Gruppiereten ($n = 89$) schätzten sich bezüglich ihres subjektiven Schmeckvermögens im Mittel am besten ein ($M = 4.66$, $SD = 0.75$).

In einer Korrelationsanalyse zeigte sich, dass die subjektive Einschätzung des Schmeckvermögens nicht wesentlich vom tatsächlichen retronasalen Riechvermögen beeinflusst wurde ($r = 0.08$, $p = 0.332$) Auch die objektive Testung des Schmeckvermögens korrelierte nicht mit dem retronasalen Identifikationsvermögen ($r = 0.09$, $p = 0.32$). Es fand sich eine gering bis moderate Korrelation zwischen der Erkennung der Schmecksprays und dem orthonasalen Identifikationsvermögen ($r = 0.27$, $p = 0.001$).

6.10. Zusammenfassung der Ergebnisse

Es zeigte sich, dass das ortho – und retronasale Riechvermögen bei der jüngeren Altersgruppe signifikant besser war als in der älteren ($p < 0.001$). Über alle Geruchs – und Geschmackstestungen hinweg gab es eine negative Korrelation mit dem Alter, d.h., mit steigendem Alter wurden weniger Punkte in den Testungen erzielt (orthonasale Schwelle: $r = -0.35$, orthonasale Identifikation: $r = -0.56$, retronasale Schwelle $r = -0.34$, retronasale Identifikation $r = -0.54$, alle mit $p < 0.001$; Geschmackssprays $r = -0.24$, $p = 0.005$). Besonders stark war die negative Korrelation zwischen Alter und Identifikationstestung beider Riechwege.

Die Identifikationsfunktionen des ortho – und retronasalen Riechens korrelierten positiv miteinander ($r = 0.56$, $p < 0.001$), die Schwellentestungen ebenfalls ($r = 0.57$, $p < 0.001$). Obwohl in der Studie mehr Frauen ($n = 107$) als Männer ($n = 64$) teilnahmen, fanden sich prozentual mehr anosmische Männer als Frauen.

Es zeigte sich eine positive Korrelation des Identifikations – und Schwellenvermögens innerhalb einer Route (orthonasal: $r = 0.31$; retronasal $r = 0.35$, bei beiden $p < 0.001$).

Die Teilnehmer beider Altersgruppen schätzten subjektiv ihr Riech – und Schmeckvermögen durchschnittlich als normal bis gut ein. Die objektive Testung der retronasalen Schwelle war die einzige Geruchsfunktion, welche, wenn auch schwach, mit der subjektiven Einschätzung des Riechvermögens korrelierte ($r = 0.16$, $p = 0.03$). Die restlichen Geruchsfunktionen zeigten keine Korrelation hierzu (alle $p > 0.05$). Die subjektive Einschätzung korrelierte mit allen drei Säulen des Fragebogens, wobei sich die stärkste Korrelation zur Bewertung fand (Bewertung: $r = 0.27$, $p < 0.001$; Anwendung: $r = 0.25$, $p = 0.001$; Konsequenz: $r = 0.17$, $p = 0.025$).

Die Gesamtpunktzahl des Fragebogens zeigte eine Korrelation zum retronasalen Identifikationsvermögen ($r = 0.20$, $p = 0.01$) und auch zu allen subjektiven Selbsteinschätzungen (Riechen: $r = 0.29$, $p < 0.001$; Schmecken: $r = 0.21$, $p < 0.01$; Nasenatmung: $r = 0.24$, $p < 0.01$). Die Antworten des Fragebogens korrelierten hingegen nicht mit dem orthonasalen Identifikationsvermögen ($r = 0.09$, $p = 0.22$).

Bei den Schmeckspraytestungen zeigte sich, dass die Geschmacksrichtung „süß“ über alle Altersgruppen hinweg am zuverlässigsten detektiert werden konnte. Die Erkennung der Schmecksprays korrelierte mit dem orthonasalen Identifikationsvermögen ($r = 0.27$, $p = 0.001$), nicht aber mit dem retronasalen.

Es wurde eine ANOVA – Analyse mit wiederholten Messungen durchgeführt. Es zeigte sich zwischen dem ortho – und retronasalen Riechvermögen ein signifikanter Haupteffekt der

Route ($F [1,165] = 25.19, p < 0.001$) und keine Wechselwirkungen zwischen Route und Alter ($F [1,165] = 3.24, p = 0.074$) bei der Geruchsidentifikation. In Post hoc Analysen zeigten die jüngeren Teilnehmer sowohl ortho – als auch retronasal bessere Geruchsidentifikationsfähigkeiten, darüber hinaus schnitten beide Altersgruppen im Schnitt retronasal besser als orthonasal bezüglich ihrer Identifikation ab (alle $p < 0.05$).

Bezüglich der Geruchsidentifikation konnte eine Interaktion zwischen der Route und der olfaktorischen Funktion ($F [2,165] = 26.17, p < 0,001$) festgestellt werden. Die Post-hoc-Analyse zeigte, dass die normosmische Gruppe im Vergleich zu beiden anderen Gruppen der Geruchsfunktion die beste retronasale Geruchsidentifikationsfähigkeit hatte, während die anosmische Gruppe die niedrigsten Werte aufwies. In der normosmischen Gruppen konnte eine höhere orthonasale als retronasale Geruchsidentifikation detektiert werden. In den hyposmischen und anosmischen Gruppen zeigte sich hingegen eine schlechtere orthonasale als retronasale (alle $p < 0,05$) Geruchsidentifikation. Zwischen der Schwellentestung und der olfaktorischen Funktion (norm – , hyp – und anosmisch) wurde kein signifikanter Haupteffekt oder eine Interaktion gefunden (alle $p > 0.05$).

In der ANOVA – Analyse mit wiederholten Messungen zeigte sich keine Interaktion ($p = 0.36$) zwischen der Route (ortho-/retronasal) und „Test“ (Identifikation/Schwelle), was Hinweise darauf liefert, dass Schwelle und Identifikation hinsichtlich ortho – und retronasalem Riechen ein ähnliches Veränderungsmuster aufweisen.

7. Diskussion

Ziel dieser Studie war es, die Veränderungen des Riechvermögens, die sich mit steigendem Alter ergeben, genau zu untersuchen. Es handelte sich um eine prospektive Querschnittstudie. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie und deren Testmethoden diskutiert, Limitationen genannt und ein möglicher Ausblick auf zukünftige Untersuchungen gegeben.

Nach unserer Kenntnis ist diese Studie die erste, die den unmittelbaren Vergleich zwischen ortho – und retronasalem Riechvermögen in Abhängigkeit vom Alter, bei subjektiv riechgesunden Personen, untersucht hat. In der Literatur finden sich zahlreiche Studien, die sich vor allem mit der orthonasalen Route beschäftigen, häufig in Bezug zu Riechstörungen und seltener bei subjektiv Riechgesunden. In dieser Studie wurden beide olfaktorischen Routen im Vergleich getestet. Durch die Selbsteinschätzung, die die Teilnehmer vor Start der objektiven Testungen angaben, konnte darüber hinaus ein Abgleich zwischen dem subjektiv empfundenen und tatsächlichen Riech – und Schmeckvermögen gemacht werden. In

Kombination mit einem Fragebogen, der die Bedeutung der Geruchswahrnehmung im Alltag abfragte, konnten Rückschlüsse darauf gezogen werden, inwiefern das chemosensorische Vermögen Einfluss auf seine Verwendung und Wertung nimmt.

7.1. Bewertung der Hypothesen

Zu Beginn der Studie sind drei Hypothesen aufgestellt worden, die im Folgenden überprüft werden sollen.

1.) Sowohl das ortho – als auch das retronasale Riechen nimmt mit steigendem Alter ab. Das retronasale Riechen ist dabei weniger betroffen.

Mit steigendem Alter nehmen sowohl das ortho – als auch retronasale Riechvermögen ab. Dieser Effekt ist bei der Schwellen – und auch Identifikationstestung zu beobachten. Die retronasale Geruchsroute erzielt in der Gesamtheit bessere Punktwerte und scheint weniger vom altersbezogenen Geruchsverlust betroffen. Diese Hypothese kann bestätigt werden.

2.) Bei Personen mit Geruchsverlust (Hyposmie, Anosmie) sind ortho – und retronasales Riechen schlechter als bei Personen mit Normosmie. Das retronasale Riechen ist im Vergleich weniger betroffen.

Zwischen den drei verschiedenen Geruchsfunktionen (norm-, hyp- und anosmisch) zeigten sich bezüglich des retronasalen Identifikationsvermögens signifikante Unterschiede. Beim Vergleich der Mittelwerte war zu beobachten, dass die normosmischen Patienten die höchsten retronasalen Identifikationsleistungen erbrachten. Bei Personen mit Geruchsverlust (Hyposmie, Anosmie) zeigten sich auch Defizite in der retronasalen Identifikationsleistung, diese war im Gegensatz aber weniger stark ausgeprägt. Diese Hypothese kann bestätigt werden.

3.) Mit steigendem Alter und sinkendem Riechvermögen, nimmt auch die Bedeutung für das Riechen im Alltag ab.

In unseren Daten zeigte sich eine negative Korrelation zwischen dem Alter und dem Riechvermögen. Es fand sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Riechvermögen und der Gesamtpunktzahl des Fragebogens „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“. Dieser prüft mittels 20 verschiedenen Fragen, inwiefern die Probanden Gerüche im Alltag nutzen und ihnen Bedeutung beimessen. Es ist also anzunehmen, dass mit steigendem Alter zwar das Riechvermögen im Mittel abnehme, einen Einfluss auf die Bedeutung des Riechens im Alltag, habe diese Veränderung aber nicht. Die Hypothese kann also nicht bestätigt werden.

7.2. Wissenschaftliche Einordnung der Ergebnisse

7.2.1. Aussagekraft des subjektiven Riechvermögens

Während bei einer Verschlechterung des Seh – und Hörvermögens zügig die Orientierung und Kommunikation im Alltag erschwert wird, bleibt eine Riechminderung häufig lange Zeit unbemerkt. Vor allem wenn sie schleichend passiert, wofür es aber zahlreiche Hinweise in Studien gibt (vgl. Cowart, 1989; Hummel et al., 1997b, 2001; Murphy, 2002; Rumeau et al., 2016). Das Riechvermögen ist ein Sinneseindruck, welcher oft Hintergrundinformationen liefert, ohne dass wir sie bewusst wahrnehmen. Möglicherweise werden Defizite erst bemerkt, wenn die olfaktorische Warnfunktion versagt – beispielsweise, wenn das verbrannte Essen auf dem Herd nicht wahrgenommen wird. Bereits 1957 lieferte eine Studie von Chalke und Dewhurst Hinweise darauf, dass der Großteil der 65 jährigen in Großbritannien nicht in der Lage seien, Haushaltsgas zu riechen und wiederum der überwiegende Anteil der Toten auf Grund unbeabsichtigter Gasexposition über 60 Jahre alt war (Chalke & Dewhurst, 1954). Das frühzeitige Erkennen einer Riechminderung wäre in vielerlei Hinsicht hilfreich. Der rechtzeitige Beginn eines Riechtrainings kann helfen, das Riechvermögen zu verbessern (Al Ain et al., 2019) und sekundäre Spätfolgen wie Depressionen und Lebensqualitätsminderung (Hummel & Nordin, 2005) zu verhindern. Der idiopathische Riechverlust gilt auch als Warnzeichen neurodegenerativer Erkrankungen wie beispielsweise der idiopathische Morbus Parkinson. Bereits zehn Jahre vor motorischen Symptomen kann sich hierbei eine olfaktorische Dysfunktion zeigen (C. H. Hawkes, 2008; Nigro et al., 2021) - ein frühzeitiges Erkennen und Einbinden in Behandlungsprogramme könnte die Versorgung der Patienten deutlich verbessern. Auch unsere Studie zeigte, dass das objektive und subjektive Riechvermögen nicht korrelierte und gab Grund zur Annahme, dass eine suffiziente Selbsteinschätzung nicht möglich sei. Sie bekräftigte damit Vorgängerstudien mit ähnlichen Beobachtungen und soll die Dringlichkeit von beschwerdeunabhängigen, routinemäßigen Riechtestungen unterstreichen.

7.2.2. Geruchsfunktion in Abhängigkeit vom Alter

Relativ wenig alte Menschen beklagen überhaupt ihren Geruchsverlust (Croy et al., 2010). Dies scheint vor allem zurückzuführen zu sein auf ein Defizit in seiner Wahrnehmung, da sich in unseren Daten kein Zusammenhang fand zwischen der subjektiven Einschätzung und dem Alter oder der tatsächlichen Geruchsfunktion, gemessen am orthonasalen Riechvermögen. Beim ortho – und retronasalen Identifikationsvermögen zeigte sich im Rahmen eines Mann-Whitney-U-Tests ein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen. Besonders in der Testung der retronasalen Identifikation fiel auf, dass in der älteren Gruppe eine große Streuung zu verzeichnen war (siehe Abb. 11), was Hinweise

darauf liefert, dass die Leistung der Älteren besonders inhomogen war – während einige Studienteilnehmer das Maximum von 20 Punkten erreichen konnten, fielen andere bis auf 5 Punkte ab. Unsere Beobachtungen einer insgesamt negativen Korrelation zwischen Alter und Geruchsvermögen decken sich überwiegend mit denen aus Vorgängerstudien.

In einer groß angelegten Studie (n = 3282) von Hummel et al. wurde beobachtet, dass mit steigendem Alter vor allem die Wahrnehmungsschwelle abnehme und das Identifikationsvermögen länger stabil bleibe (Hummel et al., 2007). Auf Grund der im Vergleich kleinen Teilnehmeranzahl unserer Studie (n = 171) konnte diese Annahme nicht zuverlässig reproduziert werden. Bei der retronasalen Schwellentestung fiel auf, dass die Gruppe der 18 – 20 Jährigen im Mittel schlechter abschnitt als die Altersgruppen von 21 – 40 Jahren. Der größte Mittelwertsabfall war zwischen Gruppe sieben (71-80 Jahre) und acht (ab 81 Jahren) zu verzeichnen. Da die Stichprobenanzahl innerhalb der Gruppen aber teilweise stark variierte, ist ein ursächlicher Zusammenhang nicht ableitbar. Dennoch wiesen auch die Teilnehmer unserer älteren Gruppe insgesamt eine verschlechterte Wahrnehmungsschwelle beider Geruchsrouten auf. Diese testet vor allem die periphere Geruchswahrnehmung ab (Landis, Hummel, et al., 2005), sodass mögliche Gründe hierfür Veränderungen der Riechschleimhaut bezüglich Metabolismus oder Blutversorgung sein könnten (Bende, 1983). Trotz der Annahme, dass sich die zentrale und periphere Geruchswahrnehmung in unterschiedlichen Riechtestungen widerspiegelt, konnte in bisherigen Studien kein isolierter, regelmäßiger Ausfall einer der beiden Kompetenzen, in Abhängigkeit der zu Grunde liegenden Ursache, beobachtet werden (Landis, Hummel, et al., 2005). In unserer Studie waren ebenfalls Einschränkungen des Identifikationsvermögens beider Riechwege älterer Teilnehmer zu beobachten. Da dieses in erster Linie die zentrale Geruchsverarbeitung abprüft (Landis, Hummel, et al., 2005), könnte die Ursache hierfür in kognitiven Defiziten begründet sein (Hedner et al., 2010; Nordin et al., 2012; Swan & Carmelli, 2002; Wilson et al., 2006). Die Probanden unserer Studie wurden bezüglich ihrer Kognition nicht überprüft oder selektiert. Dennoch war ein Mindestmaß notwendig, um die Testdauer konzentriert absolvieren zu können - was bedeutet, dass Teilnehmer mit größerem kognitiven Defizit unter Umständen gar nicht in unsere Daten mit einbezogen werden konnten. Eine Betrachtung dieser Tatsache wäre für Folgestudien interessant, bzw. wäre bei Einbeziehen des Kognitionsstatus unter Umständen sogar noch eine deutlichere Differenz bezüglich des Identifikationsvermögens erkennbar.

Das mit steigendem Alter sinkende Riechvermögen ist ein häufig zu beobachtendes Phänomen. Die These, dass eine suffiziente Selbsteinschätzung des Riechvermögens nicht gelinge, wird auch durch unsere Daten unterstützt. Dennoch wird diesem Problem in der klinischen Routine kaum Beachtung geschenkt. Dabei ergeben sich in diesem

Zusammenhang einige Schwierigkeiten. Das Wahrnehmen von olfaktorischen Reizen setzt, gerade auch in Bezug zur Nahrungsaufnahme, wichtige Kaskaden in Gang. Dazu gehört das Anregen des Speichelflusses, sodass die Nahrung bereits im Mundraum mit ersten Verdau – Enzymen in Kontakt gebracht wird. Die Schmeckknospen können so mit angereicherterem Speichel suffizient umspült werden. Auch weitere Enzyme werden reflektorisch ausgeschüttet, die eine wichtige Rolle in der Verdauung spielen, beispielsweise aus Magen oder Bauchspeicheldrüse. Das Riech – und Schmeckvermögen scheint auch eine Rolle in der Schluckfunktion zu spielen, da durch olfaktorische oder gustatorische Reize der Schluckreflex schneller ausgelöst werden kann (Ebihara et al., 2006). Dieser kann als protektiver Faktor vor Aspirationspneumonien angesehen werden (Nakajoh et al., 2000), was wiederum ein gefürchtetes Krankheitsbild darstellt. Unbestritten steigern schmackhafte Gerüche auch den Appetit und dieser wiederum forciert die Nahrungsaufnahme. Eine Studie von Schiffmann & Graham argumentierte, dass das (überschwellige) Anreichern und Aromatisieren von Nahrung Menschen mit Geruchsdefiziten helfen könnte, deren Lebensqualität und sogar ihren Immunstatus zu verbessern (Schiffman & Graham, 2000).

7.2.3. Ortho – und retronasales Riechvermögen im Vergleich

Die Gegenüberstellung der beiden Wege des Riechens beruht auf der These der Dualität des Geruchssinns – diese besagt, dass das orthonasale Riechen die Geruchswelt von außerhalb und das retronasale Riechen die flüchtigen Stoffe von innerhalb des Körpers erfassen würde (Rozin, 1982). Darüber hinaus sind auch weitere wesentliche Unterschiede zwischen beiden Wegen beobachtet worden – unter anderem führen ihre Reize zu verschieden starker Aktivierung im Gehirn (Small et al., 2005), orthonasal kommt es bei konstanten olfaktorischen Reizungen zur schnelleren Gewöhnung (Xiao et al., 2021) und sogar die Luftströme beider Geruchsrouten scheinen sich zu unterscheiden (Ni et al., 2015). Während zur Einschätzung des Riechvermögens bisher in erster Linie der orthonasale Weg betrachtet worden ist, wurde dem retronasalen Riechen eine eher untergeordnete Rolle zugesprochen. Seine Funktion wurde vor allem im Bereich der Ergänzung des Ess - Erlebnisses eingeordnet. Eine Studie von Landis et al. zeigte, dass sogar ein isolierter Ausfall nur einer Geruchsrouten bei Probanden gefunden werden konnte (Landis, Frasnelli, et al., 2005). Diese Studie wurde zwar mit einer kleinen Teilnehmeranzahl (n = 19) durchgeführt, dennoch lieferte sie interessante Denkanstöße, inwiefern das Riechen als einzige große Sinnesmodalität so in ihrer Funktion und Verarbeitung zweigeteilt ist. Auch in unserer aktuell durchgeführten Studie ließen sich Differenzen zwischen ortho – und retronasalem Riechvermögen reproduzieren. Beide Formen des Riechens nahmen mit

steigendem Alter ab. Dennoch fiel über beide Altersgruppen hinweg auf, dass die Teilnehmer bezüglich der Identifikation retronasal höhere Werte erreichen konnten als orthonasal.

Eine mögliche Erklärung für die Differenz zwischen ortho – und retronasalem Identifikationsvermögen wäre das Vorliegen von einer Verengung der vorderen Riechspalte, wie sie beispielsweise bei nasalen Polypen oder entzündlichen Schwellungen auftritt (Landis et al., 2003). In einer Folgestudie hingegen wurde dieser Annahme widersprochen, die Differenz zwischen beiden Riechwegen sei nicht ausschließlich auf Strömungsveränderungen innerhalb der Nase zurückzuführen (Landis, Frasnelli, et al., 2005). Weitere denkbare Ursachen könnten Unterschiede bezüglich Umwelteinflüssen, Störungen und Regenerationsvorgängen des vorderen und hinteren Riechepithels sein. Bereits 1998 konnte in einer Studie von Féron et al. beobachtet werden, dass Biopsien des Riechepithels bei 23 gesunden Probanden vor allem im posterioren Teil der Nasenhöhle erfolgreich waren (Féron et al., 1998). In einer Studie von Fitzek et al. zeigte sich im olfaktorischen Epithel sogar ein altersbedingter Shift der Neuronenzusammensetzung Richtung dorsoposterior sowie eine signifikante Abnahme des Riechkolbenvolumens (Fitzek et al., 2022). Durch Verringerung des Neuronenanteils im Riechepithel kann es zu einer Minderung des Riechvermögens kommen. Interessanterweise fand sich beim jungen, gesunden Menschen eine höhere Innervationsdichte des ventralen Bulbus olfactorius. Mit zunehmenden Alter nahm diese Dichte deutlich ab, die Innervation des dorsalen Anteils hingegen blieb relativ stabil (Fitzek et al., 2022). Es gibt also Hinweise darauf, dass die ventralen und dorsalen Anteile des Riechepithels und des Bulbus olfactorius unterschiedlichen altersbedingten Veränderungen unterliegen.

Insgesamt zeigte sich in unseren Daten ein Interaktionseffekt zwischen beiden Routen. Bei den Personen, die orthonasal am höchsten, also normosmisch, eingruppiert worden sind, zeigten sich auch retronasal die besten Werte in der Geruchsidentifikation. Dieser Effekt setzte sich über alle drei Geruchsgruppen hinweg fort, sodass auch die Gruppe mit dem niedrigsten orthonasalen Identifikationsvermögen, die Anosmiker, retronasal die niedrigsten Werte erreichten.

Eine besonders interessante Beobachtung konnten wir machen, die unseres Wissens nach auch noch nicht in vorherigen Studien beschrieben worden ist – während in der Gruppe der Normosmiker die orthonasale Identifikationsleistung besser war als die retronasale, verhielt es sich in den Gruppen der Hyp – und Anosmiker genau andersherum. Dies liefert Hinweise darauf, dass bei insgesamt abnehmendem Riechvermögen, sich das retronasale Riechen stabiler verhalte. Auf Grund unserer begrenzten Teilnehmeranzahl (n= 171) und nach Unterteilung teils sehr kleinen Gruppengrößen (z.B. Anosmiker: n = 12) sollte diese Beobachtung auf jeden Fall in Folgestudien mit größerer Teilnehmeranzahl nochmals geprüft

werden. Dennoch unterstreichen unsere Daten die Notwendigkeit, dem retronasalen Riechen mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

Interessanterweise handelt es sich bei Patienten, die angeben einen Verlust des Geschmackssinns zu haben, tatsächlich häufig um ein Defizit des retronasalen Riechvermögens. Der Verlust des Nahrungsmittel – Genusses wird als einer der Hauptgründe für eine reduzierte Lebensqualität bei Anosmikern angesehen (Landis et al., 2003). Möglicherweise führt das, wie in unseren Daten beobachtet, im Vergleich stabilere retronasale Riechvermögen dazu, dass ein altersbedingter, allmählicher Geruchsverlust nicht so stark wahrgenommen wird und soll dabei helfen, möglichst lange die Freude am Essen beizubehalten. Neuere Studien fanden sogar Hinweise darauf, dass die Fähigkeit zur retronasalen Identifikation noch stärker im Zusammenhang stehe mit der Lebensqualität als das orthonasale Vermögen (Oleszkiewicz, Park, et al., 2019). Auch in Bezug auf einige neurodegenerative Erkrankungen, wie beispielsweise der Parkinson – Krankheit, fällt auf, dass das retronasale Riechen eine größere Stabilität aufzuweisen scheint als das orthonasale: während die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, an Parkinson zu leiden ohne dabei deutliche orthonasale Dysfunktionen zu haben, ist das retronasale Riechen im Vergleich weniger beeinflusst (Aubry-Lafontaine et al., 2020).

Rozin hat 1982 die These der „Dualität des Geruchssinns“ aufgestellt. Er hat sich damals, inspiriert von einem streng riechenden Käse, darüber Gedanken gemacht, wie es sein kann, dass ein orthonasal präsentierter Geruchreiz als unangenehm empfunden und nach Aufnahme in den Mund - und somit retronasaler Geruchspräsentation - als schmackhaft empfunden werden kann. Auch viele Jahre später noch können in neueren Studien bedeutende Unterschiede beider Geruchswege detektiert werden. Das retronasale Riechen sticht vor allem mit seiner besonderen Stabilität gegenüber alters – und krankheitsbedingten Veränderungen hervor. Das sollte dazu Anlass geben, in Folgestudien mit größerer Teilnehmeranzahl die bisherigen Erkenntnisse zu vertiefen.

7.2.4. Fragebogen Bedeutung der Geruchswahrnehmung

Der Zusammenhang zwischen der olfaktorischen Potenz und ihrer persönlichen Bedeutung wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

Während einige Studien angaben, dass bei bestehender Riechminderung ein Gewöhnungseffekt zu beobachten sei und somit gleichsam auch die persönliche Bedeutung dessen abnehme (Liu et al., 2021; Murr et al., 2018), behaupten andere, dass sich trotz Änderungen in der olfaktorischen Potenz an der subjektiven Bewertung nichts ändere (Croy et al., 2010). Somit bestehe laut Croy et al. kein signifikanter Zusammenhang zwischen der

Beantwortung des Fragebogens und dem Alter. Es wurde also geschlussfolgert, dass sich bei steigendem Lebensalter und sinkender olfaktorischer Potenz insgesamt nichts signifikant an der subjektiven Bedeutung der Riechwahrnehmung verändert. Hierbei wurde Bezug genommen auf das orthonasale Riechvermögen.

Diese Beobachtung konnte im Rahmen unserer Studie ebenfalls gemacht werden. Während das orthonasale Geruchsvermögen und das Alter stark negativ miteinander korrelierten ($r = -0.56$, $p < 0.001$), fand sich kein Zusammenhang mit der Gesamtpunktzahl des Fragebogens ($p > 0.05$). Die Bedeutung des Riechvermögens scheint also über die gesamte Lebensspanne hinweg gleichbleibend hoch zu sein. Nun stellt sich die Frage, warum die Probanden dem Riechen weiterhin so viel Bedeutung beimessen, auch wenn sie teilweise große Geruchsdefizite haben. Zielen manche Fragen evtl. auf jahrelang erworbene Routinen ab („Ich schnuppere an Speisen, eh ich sie esse“ (Croy et al., 2010))? Diese Vermutung scheint nicht haltbar, da wiederum ein Großteil der zu beurteilenden Aussagen direkte Reaktionen auf ein Geruchserlebnis abfragen („Wenn der Geruch eines Shampoos mir nicht gefällt, kaufe ich es nicht“ (Croy et al., 2010)). Eine mögliche Ursache könnte, wie in einer Studie von Hummel et al. 2007 beschrieben, darin liegen, dass mit steigendem Alter zwar die Wahrnehmungsschwelle zügig schlechter wird, das Wahrnehmen überschwelliger Gerüche hingegen länger suffizient möglich ist (Hummel et al., 2007). Da auch unsere Daten zeigen, dass eine große Diskrepanz zwischen dem subjektivem und tatsächlichen olfaktorischen Vermögen herrscht, scheinen die Probanden gar nicht zu bemerken, dass die Benutzung des Geruchssinnes defizitär ist. Daher haben sie auch mit zunehmenden Defiziten das Gefühl, dass die Bedeutung des Riechens im Alltag noch hoch ist. Eine weitere mögliche Erklärung sind Bias im Rahmen der sozialen Erwünschtheit. Diese beschreibt, dass gewissen Handlungen eher zugestimmt wird, weil man glaubt, dass das bei den Mitmenschen auf Zustimmung treffe. Ein Beispiel hierfür ist die Frage „Ich rieche an meiner Kleidung um festzustellen, ob sie gewaschen werden muss“ (Croy et al., 2010).

Auffällig war in unserer Studie die Korrelation des Fragebogens mit dem Identifikationsvermögen der retronasalen ($r = 0.20$, $p = 0.01$), nicht aber orthonasalen ($p > 0.05$) Geruchsrute. Unter dem Gesichtspunkt, dass das retronasale Riechvermögen bisher in Studien eher unterrepräsentiert ist, war diese Beobachtung interessant und sollte Anhalt liefern für weitere Studien. Ein möglicher Grund für diese Korrelation könnte das insgesamt stabilere retronasale Identifikationsvermögen sein, sodass eine höhere Punktzahl in diesen Testungen auch mit den insgesamt hohen Punktzahlen im Fragebogen korreliert.

7.3. Material und Methoden

7.3.1. Subjektive Testungen

In bisherigen Studien zeigte sich eine große Differenz zwischen subjektivem und objektivem Riechvermögen (vgl. z.B. Murphy, 2002). Auch die Ergebnisse unserer Daten unterstützten diese Beobachtung. Es fiel auf, dass sich die Teilnehmer durchschnittlich normal bis gut eingruppierten – diese Einschätzung korrelierte aber nicht mit der objektiv gemessenen Geruchsfunktion. Sogar Probanden, welche als anosmisch eingruppiert worden sind, gaben an, ein funktionierendes Riechvermögen zu besitzen. Ein Grund für diese Fehleinschätzung könnte die vergleichsweise geringe Einschränkung im Alltag sein, welche eine olfaktorische und gustatorische Dysfunktion mit sich bringt. Für Folgestudien wäre es auch interessant, die recht neutrale Antwortmöglichkeit, „normal“, weg zu lassen. So müsste sich jeder Proband entscheiden, ob er seine Geruchs – und Schmeckfunktion als eher schlecht oder gut einschätzt. Dann könnte erneut evaluiert werden, inwiefern das objektive und subjektive Vermögen korreliert.

Die Teilnehmer sollten außerdem vor Beginn der Testungen angeben, wie sie ihre Nasendurchgängigkeit bewerten würden. Die Selbsteinschätzung korrelierte weder mit dem Alter noch mit dem objektiven Riechvermögen. Chao et. al fanden Hinweise darauf, dass sich die subjektive Nasendurchgängigkeit verändere nach Präsentation von PEA (Chao et al., 2022), welches auch in unserer Studie genutzt worden ist. Es wurde daher darauf geachtet, die Selbsteinschätzung vor Beginn der objektiven Testungen abzugeben.

7.3.2. Testung nasaler Flow

Die Datenerhebung der Studie wurde während der Covid-19 Pandemie durchgeführt, sodass die Testung des nasalen Flows hygienebezogen möglichst risikoarm gestaltet werden sollte. Mit einem etablierten PNIF (Peak nasal inspiratory Flowmeter) wäre sicherlich der Flow quantitativ akkurater einschätzbar gewesen, die alternativ gewählte Spiegeltestung in Anlehnung an Zwaardemaker und Glatzel (Pirsig, 2014) ermöglichte aber eine für alle Altersgruppen einfach anwendbare, schnelle Testung mit gut umsetzbaren Hygienevorschriften. Es war wichtig herauszufinden, ob ein für olfaktorische Testungen ausreichender nasaler Flow besteht, dieses war mit der Spiegeltestung adäquat beurteilbar. Für zukünftige Untersuchungen ist ein erneutes Nutzen dieser Methode vorstellbar.

7.3.3. Olfaktorische Testungen

Für die Einschätzung des Riechvermögens hat sich im Laufe der letzten Jahre der SDI Score etabliert, eine Punktzahl, die sich aus der Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationsleistung zusammensetzt (Hummel et al., 1997b). Im Rahmen unserer Testungen wurde diese Methode modifiziert angewendet. Auf die Erhebung der Diskriminationsleistung wurde verzichtet, die Ergebnisse würden dennoch zuverlässig das Riechvermögen der Teilnehmer einschätzen können (Rumeau et al., 2016; Yoshino et al., 2021). Das bot den Vorteil, dass die Testzeit dadurch eingekürzt werden konnte. Wir erhofften uns davon eine verbesserte Konzentrationsleistung, vor allem der älteren Teilnehmer. Der Zeitrahmen der Testungen wurde von den Probanden als angenehm empfunden, manche wünschten sich sogar eine noch kürzere Untersuchungszeit, um besser ihre Konzentration aufrecht erhalten zu können. Hierfür wären weitere Studien denkbar, bereits in der Vergangenheit gab es hierfür schon Bemühungen (vgl. z.B. Hummel et al., 2001).

Es wurde versucht, einen Reihenfolgeeffekt zu vermeiden bzw. zu minimieren. Zwar füllten alle zunächst Anamnese, Selbsteinschätzungen und Fragebögen aus, die Testreihenfolge der Riechfunktionen aber wurde variiert. So wurden 81 Personen zunächst ortho – und dann retronasal getestet, 90 Personen starteten mit ihren retronasalen Testungen und absolvierten dann die orthonasalen. Alle Probanden beendeten ihre Teilnahme mit der Schmeckspraytestung.

Identifikationstestungen

Die Identifikationsleistung wurde orthonasal mittels Sniffin´ Sticks und retronasal mittels Schmeckpulver überprüft. Nach Präsentation der Gerüche, hatten alle Teilnehmer die Aufgabe, sich nach forced – choice Prinzip für eine von vier verbalen Antwortmöglichkeiten zu entscheiden. In diesem Testsetting wurde nicht nur abgeprüft, wie gut das Riechvermögen der Teilnehmer war, es war auch ein gewisses semantisches (Geruchs-) Gedächtnis zur Beantwortung der Fragen notwendig (Hannum et al., 2018; Jönsson et al., 2011). Für unsere allgemeine und nicht risikogruppenbezogene (z.B. retrograde Amnesie, semantische Demenz) Untersuchung war dieses Testsetting aber dennoch geeignet.

Um zu vermeiden, dass die Teilnehmer bei der retronasalen Identifikationstestung anhand der Konsistenz der Items Rückschlüsse auf ihre Identität ziehen könnten, wurden ausschließlich fein geriebene Pulver benutzt, die nichts über ihre ursprüngliche Beschaffenheit verraten haben. Darüber hinaus wurden alle Identifikationsproben in dunklen Glasflaschen aufbewahrt, sodass auch anhand der Farbe keine Rückschlüsse gezogen werden konnten. Keiner der Teilnehmer gab an, durch Farbe oder Konsistenz in seiner

Entscheidung beeinflusst worden zu sein, sodass einem Fehler aus diesen Gründen vorgebeugt werden konnte.

Schwellentestungen

Die Schwellenleistung der Teilnehmer wurde orthonasal mittels Sniffin´ Sticks und retronasal mit speziellen Duft – Containern durchgeführt. Diese stellten eine Alternative zu bisherigen retronasalen Testkits dar, die flüssige Testlösungen nutzten (Hannum et al., 2018) und hatten den Vorteil, dass die Geruchsstoffe auf beiden Wegen volatil angeboten werden konnten.

Die Nutzung einer weitschrittigeren Variante der Geruchsverdünnung (8 statt 16 Stufen) versprach eine Zeitersparnis von ca. 2min pro Patient (entspricht 25% der orthonasalen Schwellentestung), ohne dass dabei wesentliche Informationsverluste zu beobachten seien (Croy et al., 2009). In Folgestudien könnte auch eine weitere Einkürzung der Geruchstestungen diskutiert werden, um weiterhin Zeit zu sparen.

Für zukünftige Studien wäre auch die Etablierung eines retronasalen Schwellen-Testkits zu überlegen, welches nicht, wie in unserer Studie, auf 2 – Phenylethanol („Rosen-Duft“), sondern auf einem Nahrungsmittel – Geruch basiert. Grund für diese Überlegung ist, dass das retronasale Riechen sehr gut geschult darin ist, Nahrungs – assoziierte Gerüche wahrzunehmen. Ein Geruch nach Rosen ist daher, zumindest im europäischen Raum, für das retronasale Riechen nicht gut vertraut. Rosenaroma ist eher typisch für die asiatisch-orientalische Küche. Daher sehen wir großes Potenzial in einem Nahrungsmittel – assoziierten Geruchstest für die retronasale Schwellentestung. Betont wird diese Überlegung durch eine Studie von Small et al. (2005), die nachweisen konnte, dass die beiden Wege des Riechens unterschiedliche Aktivierungen im Gehirn hervorrufen können in Abhängigkeit von der Unterscheidung in Nahrungsmittel – und Nichtnahrungsmittel - assoziierten Gerüchen (Small et al., 2005).

7.3.4. Fragebogen

Um nachvollziehen zu können, inwiefern das objektive Geruchsvermögen mit der subjektiven Wichtung des Riechens zusammenhänge, wurde der Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“ von den Teilnehmern ausgefüllt. In der Literatur sind hierzu widersprüchliche Aussagen zu finden. Durch ein Cronbachs α von 0,77 war eine akzeptable bis gute interne Konsistenz gegeben und der Fragebogen entsprechend ein geeignetes Instrument für die Einschätzung der subjektiven Bedeutung des Riechvermögens (Croy et al., 2010). Der Fragebogen war gut anwendbar, um einen Einblick der Geruchsbedeutung im

Alltag zu bekommen und ist nicht explizit an Personen mit olfaktorischen Defiziten gerichtet. Daher eignete er sich gut für unser subjektiv riechgesundes Probandenklientel.

Die Beantwortung des Fragebogens stellte sich in der Testpraxis als recht zeitintensiv heraus (ca. 15min, entspricht 25% der angestrebten Gesamtzeit). Unter der Bemühung, die Gesamtuntersuchungsdauer möglichst kurz zu halten, könnte in Erwägung gezogen werden, den Fragebogen und die Selbsteinschätzung vorab bereits ausfüllen zu lassen. Denkbar wäre dies z.B. durch Zusendung per Mail oder aber Hinterlegung der Dokumente in den Pflegeeinrichtungen, in denen die Testungen durchgeführt werden sollen. Da die Fragen aber möglichst spontan und intuitiv beantwortet werden sollten, erscheint diese Überlegung nicht zielführend. Ein nachträgliches, überdachtes Ändern der Antworten könnte dadurch begünstigt werden.

Nach Auswertung der Untersuchungen wurde darüber hinaus kein Zusammenhang gefunden zwischen der Beantwortung des Fragebogens und dem objektiv getesteten orthonasalen Riechvermögen. In der Etablierung eines möglichst genauen, aber komprimierten Testablaufs zum Screening unbemerkten Riechverlusts mit steigendem Alter, scheint also die Beantwortung des Fragebogens auch nicht vordergründig zu sein und es kann primär auf ihn verzichtet werden. Sinnvoll wäre hingegen eine Erhebung des Fragebogens, nachdem bereits Geruchsverluste detektiert worden sind, um eine Depressionstendenz zu screenen, da erwiesenermaßen mit sinkender olfaktorischer Potenz ein erhöhtes Risiko für Lebensqualitätsminderung und Depression zu beobachten ist (Hummel & Nordin, 2005; Miwa et al., 2001).

7.3.5. Probandenkollektiv und Datenerhebung

In der Studie wurde ein repräsentatives Probandenkollektiv getestet. Möglich war dies unter anderem durch die Rekrutierung einer breiten Zielgruppe mit wenig Ausschlusskriterien und auch durch verschiedenartige Werbung für die Studie. Es wurden Plakate in unterschiedlichen Einrichtungen innerhalb Sachsens und Thüringens ausgehangen – unter anderem im Universitätsklinikum Dresden, in verschiedenen Sportstätten und auch Apotheken. Es wurden Anzeigen im Intranet größerer Firmen geschaltet und immer wieder um Mund – zu Mund Propaganda gebeten. Durch die Zusammenstellung eines Testkits, welches transportabel war, war es möglich, das Projekt in Rehaeinrichtungen und Altenheimen vorzustellen und direkt vor Ort Testungen durchzuführen. Dies erlaubte, gerade für die älteren Teilnehmer, ein stressfreieres Setting im gewohnten Umfeld und eine Reduktion von Selektionsbias, die auftreten könnten durch Ausschluss von körperlich immobileren Probanden. Dennoch war das komplette Verhindern solcher Bias mutmaßlich nicht möglich. Grund dieser Überlegung ist, dass durch die Art von Probandenrekrutierung

und Testung vorrangig Teilnehmer angesprochen worden sind, die keine oder wenige Alltags – und Kognitionsdefizite hatten. Die ca. einstündige, konzentrierte Untersuchung erforderte ein gutes Auffassungsvermögen und daher ist davon auszugehen, dass Personen, die subjektiv diese Anforderung nicht erfüllten, sich nicht für die Studie meldeten. Dennoch sind Kognitionseinschränkungen mit steigendem Alter ein häufiges Phänomen und diese wiederum scheinen auch mit dem Riechvermögen in Verbindung zu stehen (Wilson et al., 2006). Der Hinweis, auf Parfümierungen und stark riechende Speisen zu verzichten, wurde durch die Teilnehmer zuverlässig beachtet. Die Voraussetzung eines ausreichend durchlüfteten und geruchsneutralen Raumes konnte trotz wechselnder Testorte gut umgesetzt werden. Insgesamt konnte ein großes Interesse älterer Menschen an Riechtestungen beobachtet werden, vor allem auch in Altenheimen. Da die Testungen allerdings zu Zeiten der Covid – 19 Pandemie durchgeführt wurden, konnten vulnerablere Probandengruppen, die subjektiv riechgesund waren, oftmals nicht getestet werden auf Grund der Kontaktbeschränkungen und strengen Hygienevorschriften. Dies führte dazu, dass es ein Ungleichgewicht zwischen der Anzahl der jüngeren (n = 98) und der älteren (n= 73) Teilnehmer gab. Besonders die Altersgruppe von 21 – 30 Jahren (n = 51) dominierte das Probandenkollektiv. Sie stellte 29.8% aller Teilnehmer – zum Vergleich nahmen nur 47 Probanden im Alter von 61 – 94 Jahren teil. In Folgestudien, die nicht unter dem Einfluss von der Covid – 19 Pandemie durchgeführt werden, sollte im Sinne einer ausgewogeneren Datenerhebung auf eine gleichmäßigere Altersverteilung geachtet werden.

Während der Datenauswertung zeigte sich, dass die Annahme der Normalverteilung verletzt wurde und es ungleiche Varianzen gab. Auch nach Einteilung der Probanden bezüglich ihrer Geruchsfunktion, zeigten sich teils nur sehr kleine Stichproben. Von insgesamt 171 Probanden waren 12 anosmisch, 67 hyposmisch und 91 normosmisch. Die Ergebnisse müssen daher kritisch betrachtet werden und zur Validierung sollten Folgestudien mit größeren Stichproben angestrebt werden.

Darüber hinaus wäre auch ein gezielteres Abfragen von Herz – Kreislaufkrankungen und neurologischer Erkrankungen sinnvoll. Grund dieser Überlegung ist, dass die Blutversorgung des Bulbus olfactorius und des Riechepithels maßgeblich abhängig ist von einer funktionierenden Mikro – und Makrozirkulation (vgl. Witt, 2020) des Probanden. Auch wenn bisher der Zusammenhang zwischen der Blutversorgung des Bulbus olfactorius und dem Riechvermögen nicht gut erforscht ist, ist dennoch anzunehmen, dass eine Abhängigkeit besteht (Landis, Frasnelli, et al., 2005). Mittels der Schwellentestung kann die periphere Geruchsfunktion überprüft werden (Landis, Hummel, et al., 2005), sodass intraindividuell große Differenzen durch eine Störung der Durchblutung, beispielsweise bei Herz - Kreislaufkrankungen, begründet sein können.

Die Identifikationsleistung der Geruchstestung hingegen wird zentral verarbeitet (Landis, Hummel, et al., 2005) und deren Ergebnis kann durch neurologische Erkrankungen stark verzerrt werden. Besonders neurodegenerative Erkrankungen weisen einen Zusammenhang mit der Geruchsfunktion auf. Diesbezüglich in vielen Studien belegt ist der Idiopathische Morbus Parkinson (vgl. Ansari & Johnson, 1975; C. Hawkes, 2003; Landis, Hummel, et al., 2005). Da sich die Teilnehmer dennoch als subjektiv riechgesund eingeschätzt haben, führte dies in unserem Falle nicht zu einem Studienausschluss - als Diskussionsgrundlage für unterschiedliche Ergebnisse in der Identifikationstestung, wäre diese Betrachtung aber sicherlich interessant.

Die Wahl der zwei Altersgruppen erfolgte mit dem Ziel, eine Gruppe mit möglichst sehr gutem Riechvermögen einer Gruppe mit Defiziten in der Geruchsfunktion gegenüberzustellen. Laut Oleszkiewicz et. al, welche das orthonasale Riechvermögen bei 9139 gesunden Teilnehmern untersuchten, würde sich das beste Riechvermögen im Alter von 21 – 30 Jahren zeigen und ab dann stetig abfallen (Oleszkiewicz, Schriever, et al., 2019). Mögliche Gründe für Defizite in der Geruchswahrnehmung älterer Teilnehmer sind vielfältig und reichen von langjähriger Exposition von Noxen über neurodegenerative Erkrankungen bis hin zu Multimedikation mit Einfluss auf das Riechen. Eine ebenfalls groß angelegte Studie von Murphy et. al untersuchte in den USA 2491 Personen im Alter von 53 - 97 Jahren ($M = 68.5$, $SD = 9.4$) und kam zu dem Ergebnis, dass sich das orthonasale Riechvermögen mit jeder Lebensdekade stetig verschlechterte (Murphy, 2002). Ein Abfall der Geruchsfunktion wurde verstärkt ab einem Alter von 55 Jahren beobachtet (Murphy, 2002). Wir entschieden uns daher für die zwei Altersgruppen „jung“ 18 – 35 Jahre und „alt“ ab 55 Jahren, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit des Riechvermögens zwischen beiden Gruppen zu erzielen. Im Rahmen der Testungen zeigte sich diese Einteilung als sinnvoll, nach Durchführung eines Mann – Whitney – U – Tests konnte ein signifikanter Unterschied bezüglich der orthonasalen Identifikation beobachtet werden.

7.4. Limitationen

Einschränkungen im Rahmen dieser Studie entstanden mutmaßlich dadurch, dass die Datenerhebung zu Zeiten der Covid – 19 Pandemie durchgeführt worden sind. Dies führte zu einer deutlich erschwerten Probandenrekrutierung, vor allem hinsichtlich der älteren Teilnehmer. Die vulnerableren Personengruppen unterlagen teils strengen Hygienerichtlinien und konnten daher an den Testungen nicht mitwirken. Es ist anzunehmen, dass daher in der älteren Gruppe vorzugsweise die fitten, rüstigen und unter Umständen kognitiv besser gestellten Personen mitgewirkt haben. Ein ausgewogenerer Probandenpool hätte zu einer gleichmäßigeren Altersverteilung beigetragen und auch die Gruppe der Älteren repräsentativer gemacht. Insgesamt war eine Stichprobenanzahl von 171 Personen zwar

58

geeignet um Zusammenhänge zu beobachten, für Rückschlüsse auf Kausalitäten aber sicherlich nicht ausreichend.

Darüber hinaus war die Erhebung, konzipiert als Querschnittstudie, gut um eine Vergleichbarkeit zwischen Altersgruppen herzustellen, für die differenzierte Beobachtung der Veränderungen des Riechvermögens wäre aber das Design einer Längsschnittstudie noch aussagekräftiger. Dabei kann die individuelle Person in ihrem Alterungsprozess begleitet und die Entwicklung ihres Riechvermögens mitverfolgt werden.

7.5. Ausblick

Unsere Studie sollte einen Überblick geben über die Veränderungen des ortho – und retronasalen Riechvermögens in Abhängigkeit vom Alter und einen Bezug dazu herstellen, wie viel Bedeutung dem Geruchssinn im Alltag beigemessen wird. Darüber hinaus sollte aufgezeigt werden, ob es den Teilnehmern überhaupt möglich ist, ihr Riechvermögen realistisch selbst einzuschätzen. Wie unsere Daten zeigen, gelingt es nicht suffizient, eine Minderung des Riechvermögens subjektiv zu bemerken - und selbst dann müsste der Beobachtung ein gewisser Krankheitswert zugeschrieben werden, eh daraufhin eine ärztliche Vorstellung erfolgen würde. Wir wollen daher die Bedeutung von routinierten, beschwerdeunabhängigen Riechtestungen in der klinischen, hausärztlichen Routine unterstreichen. Diese hätten den Vorteil, in Form eines niederschwellig angebotenen und objektiven Tests schon früh Defizite erkennen zu können. Gopinath et al. postulierten 2012 sogar, dass Riechdefizite, gemessen am Identifikationsvermögen, in signifikantem Zusammenhang mit einer erhöhten Mortalität stünden. Dieser Effekt scheint vor allem mit kognitiven Defiziten verbunden zu sein (Gopinath et al., 2012). Im Rahmen einer alternden Gesellschaft sind daher regelmäßige Riechtestungen besonders interessant. Es könnten mehrere Erkenntnisse gewonnen werden. Sie geben einen Überblick über die Veränderungen des Geruchsvermögens und damit eventuell sich ergebenden Gefahrenquellen, sie weisen auf Kognitionsdefizite hin und können sogar Beeinträchtigungen der Lebensqualität detektieren. Der Einbezug des retronasalen Riechvermögens scheint auch hier unerlässlich. Es nimmt eine besondere Rolle im Genuss von Lebensmitteln ein, eine ausgewogene Nahrungszufuhr wiederum versorgt den Körper mit essenziellen Nährstoffen. Zwar scheint das retronasale Riechvermögen weniger anfällig im Alterungsprozess zu sein, ein Problem könnte sich aber ergeben, weil es einen (orthonasalen) Riechverlust kaschiert. Ein Einbezug beider Geruchsrouten scheint daher für Folgestudien essenziell.

Das in dieser Studie zusammengestellte Testkit war mobil nutzbar und die Untersuchung an unterschiedlichen Orten unseres Erachtens gut umsetzbar. Es wäre also vorstellbar, es auch im Rahmen von Hausbesuchen einzusetzen.

Inwiefern eine routinierte Integration in Vorsorgeuntersuchungen tatsächlich sinnvoll ist, sollte in Folgestudien untersucht werden. Eine Reduktion der Testzeit könnte noch weiter forciert werden und es müsste sich die Frage gestellt werden, in welchen zeitlichen Abständen eine erneute Testung sinnvoll wäre.

8. Zusammenfassung

Hintergrund: Der altersbedingte Riechverlust ist ein lang bekanntes Phänomen. Hierbei vor allem gut untersucht ist das orthonasale Riechvermögen, das retronasale wurde bisher in seiner Funktion eher dem Genuss bei der Nahrungsmittelaufnahme zugeordnet. Mit steigendem Alter geben Veränderungen in der Neuronendichte des Riechepithels und der Innervation des Bulbus olfactorius aber Hinweise darauf, dass das retronasale Riechen sich besonders stabil verhalten könnte. Da das Geruchsvermögen einen Einfluss auf die soziale Interaktion und Lebensqualität hat, ist es besonders wichtig, das Riechvermögen in seiner Komplexität noch besser zu erforschen.

Ziel und Fragestellung: Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit dem Riechvermögen verschiedenen Alters und hat das Ziel, mit ähnlich konfigurierten Testverfahren eine gute Vergleichbarkeit zwischen dem ortho – und retronasalen Riechvermögen herzustellen. Es sollte beobachtet werden, inwiefern sich beide Geruchsrouten mit steigendem Alter verändern. Gleichwohl sollte überprüft werden, inwiefern die subjektive Einschätzung des Riechvermögens gelinge. Mittels eines Fragebogens wurde überprüft, wie viel Bedeutung dem Geruchsvermögen im Alltag beigemessen wird.

Methodik: Es wurde eine prospektive Querschnittstudie an 171 subjektiv riechgesunden Probanden durchgeführt. Die Teilnehmer im Alter von 18 – 94 Jahren wurden in zwei Altersgruppen („jung“ und „alt“) aufgeteilt. Nach Ausfüllen von Anamnese und Selbsteinschätzung bezüglich der Riech – und Schmeckfunktion, folgten olfaktorische Testungen. Es wurde für das ortho – und retronasale Riechvermögen jeweils eine Schwellen – und Identifikationstestung durchgeführt. Die Geruchsrouten wurden in ihrer Untersuchungsreihenfolge über alle Teilnehmer hinweg variiert. Das orthonasale Riechen wurde mittels Sniffin´ Sticks, das retronasale mittels Schmeckpulvern und speziellen Geruchscontainern geprüft. Abschließend absolvierten die Probanden noch eine Testung der gustatorischen Funktion mittels Schmecksprays.

Ergebnisse: Die jüngere Altersgruppe erreichte bessere Werte bezüglich ihrer olfaktorischen Funktion als die ältere. Die subjektive Einschätzung des Geruchsvermögens wurde im Mittel als normal bis gut angegeben und zeigte keinen Zusammenhang mit der tatsächlichen olfaktorischen Fähigkeit. Die Bedeutung der Geruchswahrnehmung im Alltag war, unabhängig vom tatsächlichen Riechvermögen, gleichbleibend hoch. Im Schnitt war die retronasale Geruchsrouten der orthonasalen überlegen, unabhängig vom Alter. Ihre Identifikations – und Schwellenleistung scheinen ein ähnliches Veränderungsmuster aufzuweisen.

Schlussfolgerungen: Das retronasale Riechen scheint sich mit steigendem Alter stabiler zu verhalten als das orthonasale. Die subjektive Einschätzung des Geruchsvermögens gelingt nicht suffizient. Die Bedeutung der Geruchswahrnehmung im Alltag ist auch mit steigendem Alter gleichbleibend hoch, unabhängig von der tatsächlichen olfaktorischen Funktion.

9. Summary

Background: Age-related olfactory loss is a long-known phenomenon. Orthonasal olfaction has been particularly well studied, while retronasal olfaction has previously mostly been associated with the pleasure of ingesting food. However, with increasing age, changes in the neuronal density of the olfactory epithelium and the innervation of the olfactory bulb indicate that retronasal olfaction may be particularly stable. Since the ability to smell has an influence on social interaction and quality of life, it is particularly important to better investigate the complexity of the olfactory system.

Aim and objective: The present study deals with olfaction at different ages and aims to establish good comparability between ortho - and retronasal olfaction using similarly configured test procedures. It should be observed to what extent both olfactory routes change with increasing age. At the same time, the extent to which the subjective assessment of olfactory ability was successful was to be examined. A questionnaire was used to examine how much importance is attached to the ability to smell in everyday life.

Methods: A prospective cross-sectional study was carried out on 171 subjectively healthy-smelling test subjects. The participants, aged 18 - 94 years, were divided into two age groups ("young" and "old"). After completing a medical history and self-assessment of olfactory and gustatory function, olfactory tests were carried out. Threshold and identification tests were carried out for ortho - and retronasal olfaction. The olfactory routes were varied in the order in which they were tested across all participants. Orthonasal olfaction was tested using sniffin´ sticks, while retronasal olfaction was tested using tasting powders and special odor containers. Finally, the test subjects underwent a test of gustatory function using tasting sprays.

Results: The younger age group achieved better values in terms of their olfactory function than the older age group. The subjective assessment of olfactory ability was reported as normal to good on average and showed no correlation with actual olfactory ability. The importance of olfactory perception in everyday life was consistently high, regardless of actual olfactory ability. On average, the retronasal olfactory route was superior to the orthonasal route, regardless of age. Their identification and threshold performance seem to show a similar change pattern.

Conclusions: With increasing age, retronasal olfaction seems to stay more stable than orthonasal olfaction. The subjective assessment of olfactory ability is not sufficient. The importance of olfactory perception in everyday life remains consistently high with increasing age, regardless of the actual olfactory function.

10. Publikation

Retronasal olfaction is relatively less affected in older individuals with subjectively normal olfactory function

Zetian Li, Theresa Gottschall, Antje Hähner, Thomas Hummel

Smell and Taste Clinic, Department of Otorhinolaryngology, Technische Universität Dresden, Germany

Food Quality and Preference 101 (2022)

DOI: 10.1016/j.foodqual.2022.104632

Impact factor: 6.345

I. Literaturverzeichnis

- Al Aïn, S., Poupon, D., Héту, S., Mercier, N., Steffener, J., & Frasnelli, J. (2019). Smell training improves olfactory function and alters brain structure. *NeuroImage*, *189*, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.01.008>
- Ansari, K. A., & Johnson, A. (1975). Olfactory function in patients with Parkinson's disease. *Journal of Chronic Diseases*, *28*(9), 493–497. [https://doi.org/10.1016/0021-9681\(75\)90058-2](https://doi.org/10.1016/0021-9681(75)90058-2)
- Arnold, S. E., Lee, E. B., Moberg, P. J., Stutzbach, L., Kazi, H., Han, L.-Y., Lee, V. M. Y., & Trojanowski, J. Q. (2010). Olfactory epithelium amyloid- β and paired helical filament-tau pathology in Alzheimer disease. *Annals of Neurology*, *67*(4), 462–469. <https://doi.org/10.1002/ana.21910>
- Attems, J., Walker, L., & Jellinger, K. A. (2015). Olfaction and Aging: A Mini-Review. *Gerontology*, *61*(6), 485–490. <https://doi.org/10.1159/000381619>
- Aubry-Lafontaine, E., Tremblay, C., Durand-Martel, P., Dupré, N., & Frasnelli, J. (2020). Orthonasal, but not Retronasal Olfaction Is Specifically Impaired in Parkinson's Disease. *Chemical Senses*, *45*(5), 401–406. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjaa024>
- Barlow, L. A. (2022). The sense of taste: Development, regeneration, and dysfunction. *WIREs Mechanisms of Disease*, *14*(3), e1547. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1547>
- Behrends, J., Bischofberger, J., Deutzmann, R., Ehmke, H., Frings, S., Grissmer, S., Hoth, M., Kurtz, A., Leipziger, J., Müller, F., Pedain, C., Rettig, J., Wagner, C., & Wischmeyer, E. (2021a). *Duale Reihe Physiologie, in: Der Geruchssinn* (4., unveränderte Auflage). Thieme. <https://doi.org/10.1055/b000000462>
- Behrends, J., Bischofberger, J., Deutzmann, R., Ehmke, H., Frings, S., Grissmer, S., Hoth, M., Kurtz, A., Leipziger, J., Müller, F., Pedain, C., Rettig, J., Wagner, C., & Wischmeyer, E. (2021b). *Duale Reihe Physiologie, in: Der Geschmackssinn* (4., unveränderte Auflage). Thieme. <https://doi.org/10.1055/b000000462>
- Bende, M. (1983). Blood Flow with ^{133}Xe in Human Nasal Mucosa in Relation to Age, Sex and Body Position. *Acta Oto-Laryngologica*, *96*(1–2), 175–179. <https://doi.org/10.3109/00016488309132889>
- Bhatnagar, K. P., Kennedy, R. C., Baron, G., & Greenberg, R. A. (1987). Number of mitral cells and the bulb volume in the aging human olfactory bulb: A quantitative morphological study. *The Anatomical Record*, *218*(1), 73–87. <https://doi.org/10.1002/ar.1092180112>
- Buschhüter, D., Smitka, M., Puschmann, S., Gerber, J. C., Witt, M., Abolmaali, N. D., & Hummel, T. (2008). Correlation between olfactory bulb volume and olfactory function. *NeuroImage*, *42*(2), 498–502. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.05.004>
- Chalke, H. D., & Dewhurst, J. R. (1954). Accidental Coal—Gas Poisoning. *Acta Medica Scandinavica*, *149*(2), 91–108. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5050.915>
- Chao, Y.-T., Nakov, A., Haehner, A., Poletti, S., & Hummel, T. (2022). Olfactory stimulation may modulate the sensation of nasal patency. *Rhinology Journal*, *0*(0), 0–0. <https://doi.org/10.4193/Rhin22.333>
- Cowart, B. J. (1989). Relationships between Taste and Smell across the Adult Life Span^a. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *561*(1), 39–55. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1989.tb20968.x>

- Croy, I., Buschhüter, D., Seo, H.-S., Negoias, S., & Hummel, T. (2010). Individual significance of olfaction: Development of a questionnaire. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology: Official Journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): Affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 267(1), 67–71. <https://doi.org/10.1007/s00405-009-1054-0>
- Croy, I., Lange, K., Krone, F., Negoias, S., Seo, H.-S., & Hummel, T. (2009). Comparison between odor thresholds for phenyl ethyl alcohol and butanol. *Chemical Senses*, 34(6), 523–527. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjp029>
- Doty, R. L., & Kamath, V. (2014). The influences of age on olfaction: A review. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00020>
- Ebihara, T., Ebihara, S., Maruyama, M., Kobayashi, M., Itou, A., Arai, H., & Sasaki, H. (2006). A Randomized Trial of Olfactory Stimulation Using Black Pepper Oil in Older People with Swallowing Dysfunction. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54(9), 1401–1406. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2006.00840.x>
- Féron, F., Perry, C., McGrath, J. J., & Mackay-Sim, A. (1998). New Techniques for Biopsy and Culture of Human Olfactory Epithelial Neurons. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 124(8), 861. <https://doi.org/10.1001/archotol.124.8.861>
- Fitzek, M., Patel, P. K., Solomon, P. D., Lin, B., Hummel, T., Schwob, J. E., & Holbrook, E. H. (2022). Integrated age-related immunohistological changes occur in human olfactory epithelium and olfactory bulb. *Journal of Comparative Neurology*, 530(12), 2154–2175. <https://doi.org/10.1002/cne.25325>
- Gopinath, B., Sue, C. M., Kifley, A., & Mitchell, P. (2012). The Association Between Olfactory Impairment and Total Mortality in Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 67A(2), 204–209. <https://doi.org/10.1093/gerona/glr165>
- Hannum, M., Stegman, M. A., Fryer, J. A., & Simons, C. T. (2018). Different Olfactory Percepts Evoked by Orthonasal and Retronasal Odorant Delivery. *Chemical Senses*, 43(7), 515–521. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjy043>
- Hawkes, C. (2003). Olfaction in neurodegenerative disorder. *Movement Disorders*, 18(4), 364–372. <https://doi.org/10.1002/mds.10379>
- Hawkes, C. H. (2008). The prodromal phase of sporadic Parkinson’s disease: Does it exist and if so how long is it? *Movement Disorders*, 23(13), 1799–1807. <https://doi.org/10.1002/mds.22242>
- Hedner, M., Larsson, M., Arnold, N., Zucco, G. M., & Hummel, T. (2010). Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(10), 1062–1067. <https://doi.org/10.1080/13803391003683070>
- Hummel, T., Kobal, G., Gudziol, H., & Mackay-Sim, A. (2007). Normative data for the “Sniffin’ Sticks” including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: An upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264(3), 237–243. <https://doi.org/10.1007/s00405-006-0173-0>
- Hummel, T., & Nordin, S. (2005). Olfactory disorders and their consequences for quality of life. *Acta Oto-Laryngologica*, 125(2), 116–121. <https://doi.org/10.1080/00016480410022787>
- Hummel, T., Rosenheim, K., Konnerth, C.-G., & Kobal, G. (2001). Screening of Olfactory Function with a Four-Minute Odor Identification Test: Reliability, Normative Data, and Investigations in Patients with Olfactory Loss. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 110(10), 976–981. <https://doi.org/10.1177/000348940111001015>

- Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E., & Kobal, G. (1997a). „Sniffin“ sticks’: Olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chemical Senses*, 22(1), 39–52. <https://doi.org/10.1093/chemse/22.1.39>
- Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E., & Kobal, G. (1997b). ‘Sniffin’ Sticks’: Olfactory Performance Assessed by the Combined Testing of Odour Identification, Odor Discrimination and Olfactory Threshold. *Chemical Senses*, 22(1), 39–52. <https://doi.org/10.1093/chemse/22.1.39>
- Jönsson, F. U., Møller, P., & Olsson, M. J. (2011). Olfactory working memory: Effects of verbalization on the 2-back task. *Memory & Cognition*, 39(6), 1023–1032. <https://doi.org/10.3758/s13421-011-0080-5>
- Kalmey, J. K., Thewissen, J. G. M., & Dluzen, D. E. (1998). Age-related size reduction of foramina in the cribriform plate. *The Anatomical Record*, 251(3), 326–329. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0185\(199807\)251:3<326::AID-AR7>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0185(199807)251:3<326::AID-AR7>3.0.CO;2-T)
- Landis, B. N., Frasnelli, J., Reden, J., Lacroix, J. S., & Hummel, T. (2005). Differences Between Orthonasal and Retronasal Olfactory Functions in Patients With Loss of the Sense of Smell. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 131(11), 977–981. <https://doi.org/10.1001/archotol.131.11.977>
- Landis, B. N., Giger, R., Ricchetti, A., Leuchter, I., Hugentobler, M., Hummel, T., & Lacroix, J. (2003). Retronasal olfactory function in nasal polyposis. *The Laryngoscope*, 113(11), 1993–1997. <https://doi.org/10.1097/00005537-200311000-00026>
- Landis, B. N., Hummel, T., & Lacroix, J.-S. (2005). Basic and Clinical Aspects of Olfaction. In J. D. Pickard, N. Akalan, C. Di Rocco, V. V. Dolenc, R. Fahlbusch, J. Lobo Antunes, M. Sindou, N. de Tribolet, & C. A. F. Tulleken (Hrsg.), *Advances and Technical Standards in Neurosurgery* (Bd. 30, S. 69–105). Springer Vienna. https://doi.org/10.1007/3-211-27208-9_3
- Landis, B. N., Scheibe, M., Weber, C., Berger, R., Brämerson, A., Bende, M., Nordin, S., & Hummel, T. (2010). Chemosensory interaction: Acquired olfactory impairment is associated with decreased taste function. *Journal of Neurology*, 257(8), 1303–1308. <https://doi.org/10.1007/s00415-010-5513-8>
- Lenarz, T., & Boenninghaus, H.-G. (2012). *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21131-7>
- Liu, D. T., Besser, G., Prem, B., Speth, M. M., Sedaghat, A. R., & Mueller, C. (2021). Individual importance of olfaction decreases with duration of smell loss. *Rhinology*, 59(1), 32–39. <https://doi.org/10.4193/Rhin20.196>
- Lüllmann-Rauch, R., & Asan, E. (2015). *Taschenbuch Histologie* (5., vollständig überarbeitete Auflage). Georg Thieme Verlag.
- Malaty, J., & Malaty, I. A. C. (2013). *Smell and Taste Disorders in Primary Care*. 88(12), 8.
- Mantel, M., Ferdenzi, C., Roy, J.-M., & Bensafi, M. (2019). Individual Differences as a Key Factor to Uncover the Neural Underpinnings of Hedonic and Social Functions of Human Olfaction: Current Findings from PET and fMRI Studies and Future Considerations. *Brain Topography*, 32(6), 977–986. <https://doi.org/10.1007/s10548-019-00733-9>
- Mennella, J. A., Johnson, A., & Beauchamp, G. K. (1995). Garlic Ingestion by Pregnant Women Alters the Odor of Amniotic Fluid. *Chemical Senses*, 20(2), 207–209. <https://doi.org/10.1093/chemse/20.2.207>
- Miwa, T., Furukawa, M., Tsukatani, T., Costanzo, R. M., DiNardo, L. J., & Reiter, E. R. (2001). Impact of Olfactory Impairment on Quality of Life and Disability. *Archives of Otolaryngology–Head*

- & *Neck Surgery*, 127(5), 497. <https://doi.org/10.1001/archotol.127.5.497>
- Mueller, A., Rodewald, A., Reden, J., Gerber, J., Von Kummer, R., & Hummel, T. (2005). Reduced olfactory bulb volume in post-traumatic and post-infectious olfactory dysfunction: *NeuroReport*, 16(5), 475–478. <https://doi.org/10.1097/00001756-200504040-00011>
- Müller, W., & Frings, S. (2009). *Tier- und Humanphysiologie: Eine Einführung*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00462-9>
- Murphy, C. (2002). Prevalence of Olfactory Impairment in Older Adults. *JAMA*, 288(18), 2307. <https://doi.org/10.1001/jama.288.18.2307>
- Murr, J., Hummel, T., Ritschel, G., & Croy, I. (2018). Individual Significance of Olfaction: A Comparison Between Normosmic and Dysosmic People. *Psychosomatics*, 59(3), 283–292. <https://doi.org/10.1016/j.psych.2017.11.009>
- Nakajoh, K., Nakagawa, T., Sekizawa, K., Matsui, T., Arai, H., & Sasaki, H. (2000). Relation between incidence of pneumonia and protective reflexes in post-stroke patients with oral or tube feeding. *Journal of Internal Medicine*, 247(1), 39–42. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2796.2000.00565.x>
- Ni, R., Michalski, M. H., Brown, E., Doan, N., Zinter, J., Ouellette, N. T., & Shepherd, G. M. (2015). Optimal directional volatile transport in retronasal olfaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(47), 14700–14704. <https://doi.org/10.1073/pnas.1511495112>
- Nigro, P., Chiappiniello, A., Simoni, S., Paolini Paoletti, F., Cappelletti, G., Chiarini, P., Filidei, M., Eusebi, P., Guercini, G., Santangelo, V., Tarducci, R., Calabresi, P., Parnetti, L., & Tambasco, N. (2021). Changes of olfactory tract in Parkinson’s disease: A DTI tractography study. *Neuroradiology*, 63(2), 235–242. <https://doi.org/10.1007/s00234-020-02551-4>
- Nordin, S., Almkvist, O., & Berglund, B. (2012). Is Loss in Odor Sensitivity Inevitable to the Aging Individual? A Study of “Successfully Aged” Elderly. *Chemosensory Perception*, 5(2), 188–196. <https://doi.org/10.1007/s12078-011-9102-8>
- Oleszkiewicz, A., Park, D., Resler, K., Draf, J., Schulze, A., Zang, Y., Hähner, A., & Hummel, T. (2019). Quality of Life in Patients With Olfactory Loss Is Better Predicted by Flavor Identification Than by Orthonasal Olfactory Function. *Chemical Senses*, 44(6), 371–377. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjz027>
- Oleszkiewicz, A., Schriever, V. A., Croy, I., Hähner, A., & Hummel, T. (2019). Updated Sniffin’ Sticks normative data based on an extended sample of 9139 subjects. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 276(3), 719–728. <https://doi.org/10.1007/s00405-018-5248-1>
- Othieno, F., Schlosser, R. J., Rowan, N. R., Storck, K. A., Mattos, J. L., Smith, T. L., & Soler, Z. M. (2018). Taste Impairment in Chronic Rhinosinusitis. *International forum of allergy & rhinology*, 8(7), 783–789. <https://doi.org/10.1002/alr.22113>
- Pieniak, M., Oleszkiewicz, A., Klockow, M., Yoshino, A., Haehner, A., & Hummel, T. (2022). q-Powders: A quick test for screening retronasal olfactory disorders with tasteless powders. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 279(2), 779–784. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06849-8>
- Pirsig, W. (2014). Nasaler Atembeschlagtest bei Zwaardemaker und Glatzel vor über 100 Jahren und in Paestum vor 2 300 Jahren. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 93(11), 739–745. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1382027>
- Reiß, M. (Hrsg.). (2021). *Facharztwissen HNO-Heilkunde: Differenzierte Diagnostik und Therapie*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58178-0>
- Rozin, P. (1982). “Taste-smell confusions” and the duality of the olfactory sense. *Perception &*

- Psychophysics*, 31(4), 397–401. <https://doi.org/10.3758/BF03202667>
- Rumeau, C., Nguyen, D. T., & Jankowski, R. (2016). How to assess olfactory performance with the Sniffin' Sticks test®. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 133(3), 203–206. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2015.08.004>
- Schiffman, S., & Graham, B. (2000). Taste and smell perception affect appetite and immunity in the elderly. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(S3), S54–S63. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601026>
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. H. (2012). *Prometheus LernAtlas—Kopf, Hals und Neuroanatomie* (3. Auflage). Georg Thieme Verlag.
- Small, D. M., Gerber, J. C., Mak, Y. E., & Hummel, T. (2005a). Differential Neural Responses Evoked by Orthonasal versus Retronasal Odorant Perception in Humans. *Neuron*, 47(4), 593–605. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.07.022>
- Small, D. M., Gerber, J. C., Mak, Y. E., & Hummel, T. (2005b). Differential Neural Responses Evoked by Orthonasal versus Retronasal Odorant Perception in Humans. *Neuron*, 47(4), 593–605. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.07.022>
- Soter, A., Kim, J., Jackman, A., Tourbier, I., Kaul, A., & Doty, R. L. (2008). Accuracy of Self-Report in Detecting Taste Dysfunction. *The Laryngoscope*, 118(4), 611–617. <https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e318161e53a>
- Swan, G. E., & Carmelli, D. (2002). Impaired Olfaction Predicts Cognitive Decline in Nondemented Older Adults. *Neuroepidemiology*, 21(2), 58–67. <https://doi.org/10.1159/000048618>
- Tizzano, M., & Finger, T. E. (2013). Chemosensors in the Nose: Guardians of the Airways. *Physiology*, 28(1), 51–60. <https://doi.org/10.1152/physiol.00035.2012>
- Trepel, M. (2008). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion* (4. Aufl.). Elsevier GmbH.
- Vennemann, M. M., Hummel, T., & Berger, K. (2008). The association between smoking and smell and taste impairment in the general population. *Journal of Neurology*, 255(8), 1121–1126. <https://doi.org/10.1007/s00415-008-0807-9>
- Wilson, R. S., Arnold, S. E., Tang, Y., & Bennett, D. A. (2006). Odor Identification and Decline in Different Cognitive Domains in Old Age. *Neuroepidemiology*, 26(2), 61–67. <https://doi.org/10.1159/000090250>
- Witt, M. (2020). Anatomy and Development of the Human Gustatory and Olfactory Systems. In *The Senses: A Comprehensive Reference* (S. 85–118). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.24204-1>
- Xiao, W., Sun, Z., Yan, X., Gao, X., Lv, Q., & Wei, Y. (2021). Differences in olfactory habituation between orthonasal and retronasal pathways. *The Journal of Physiological Sciences*, 71(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12576-021-00822-0>
- Yoshino, A., Pellegrino, R., Luckett, C. R., & Hummel, T. (2021). Validation study of a novel approach for assessment of retronasal olfactory function with combination of odor thresholds and identification. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 278(10), 3847–3856. <https://doi.org/10.1007/s00405-021-06687-8>

II. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
ggf.	gegebenenfalls
M	Mittelwert
max.	maximal
n	Stichprobenanzahl
PEA	Phenylethylalkohol
SD	Standardabweichung
SDI	Schwelle, Diskrimination, Identifikation
SI	Schwelle, Identifikation
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
z.B.	zum Beispiel

III. Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Wege des ortho - und retronasalen Riechens im Vergleich. Erstellt mit BioRender.com.....</i>	<i>10</i>
<i>Abb. 2: Studienablauf.....</i>	<i>16</i>
<i>Abb. 3: Atemflecke eines Teilnehmenden. Das rechte Nasenloch mit einem Flow von 100%, das linke Nasenloch mit ca. 50%......</i>	<i>18</i>
<i>Abb. 4: Sniffin´ Sticks der Firma Burghard, Wedel.....</i>	<i>19</i>
<i>Abb. 5: Testcontainer retronasale Schwellentestung.....</i>	<i>22</i>
<i>Abb. 6: Schmeckpulvertestung.....</i>	<i>23</i>
<i>Abb. 7: Schmecksprays.....</i>	<i>24</i>
<i>Abb. 8: Einteilung der Teilnehmer nach dem Geschlecht und ihrer jeweiligen olfaktorischen Funktion („OlfFunc“).....</i>	<i>26</i>
<i>Abb. 9: Olfaktorische Funktion („OlfFunc“) in Abhängigkeit vom Alter („jung“ = 18 – 35 Jahre, „alt“ = ab 55 Jahre).....</i>	<i>28</i>
<i>Abb. 10: Kleinschrittige Altersgruppen, unterteilt bezüglich ihrer olfaktorischen Funktion („OlfFunc“).....</i>	<i>29</i>
<i>Abb. 11: Ergebnisse der retronasalen Identifikationstestung („Retroident“), aufgeteilt nach „jung“ (18 – 35 Jahre) und „alt“ (ab 55 Jahren).....</i>	<i>30</i>
<i>Abb. 12: Einteilung der Teilnehmer nach Alter („jung“ = 18 – 35 Jahre, „alt“ = ab 55 Jahren) und Gruppierung bezüglich ihrer retronasalen Geruchsfunktion („RetroFunc“).....</i>	<i>32</i>
<i>Abb. 13: Vergleich der jüngeren (18 – 35 Jahre) mit der älteren (ab 55 Jahren) Altersgruppe bezüglich ihrer orthonasalen Schwelle („OrthoSchwelle“).....</i>	<i>33</i>
<i>Abb. 14: Orthonasale Schwellen bei kleinschrittig eingeteilten Altersstufen.....</i>	<i>34</i>
<i>Abb. 15: Ergebnisse der retronasalen Schwellentestung („RetroSchwelle“), eingeteilt nach kleinschrittigen Altersstufen.....</i>	<i>35</i>
<i>Abb. 16: Retronasale Schwellen („RetroSchwelle“) bei kleinschrittig eingeteilten Altersstufen.....</i>	<i>36</i>

IV. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ein – und Ausschlusskriterien der Teilnehmer.....	15
Tab. 2: Protokoll Schwellentestung.....	20
Tab. 3: Antwortmöglichkeiten orthonasale Identifikationstestung, die jeweils richtige Antwortmöglichkeit ist hier fett hervorgehoben.....	21
Tab. 4: Antwortmöglichkeiten Schmeckpulvertestung, die jeweils richtige Antwortmöglichkeit ist hier fett hervorgehoben.	23
Tab. 5: Einteilung der Teilnehmer nach dem Geschlecht und ihrer jeweiligen olfaktorischen Funktion („OlfFunc“)	26
Tab. 6: Kleinschrittige Einteilung der Teilnehmer in Altersgruppen	27
Tab. 7: Olfaktorische Funktion („OlfFunc“) in Abhängigkeit vom Alter („jung“ = 18 – 35 Jahre, „alt“ = ab 55 Jahren).....	28
Tab. 8: Kleinschrittige Einteilung Altersgruppen bezüglich ihrer olfaktorischen Funktion („OlfFunc“)	29
Tab. 9: Übersicht über Einteilung der retronasalen Identifikationsleistung („Retroident“) in Anlehnung an die bereits etablierte Einteilung (Pieniak et al., 2022) des orthonasalen Identifikationsvermögens („Orthoident“)	31
Tab. 10: Ergebnisse orthonasaler Schwellentestung, eingeteilt nach Altersstufen	34
Tab. 11: Ergebnisse retronasaler Schwellentestung, eingeteilt nach kleinschrittigen Altersstufen.....	35
Tab. 12: Bonferroni korrigierte Posthoc-Analyse für das Identifikationsvermögen in Abhängigkeit vom Alter („Routident“ = Route des Identifikationsvermögens, „1“ = jung, „2“ = alt, „M.Diff“ = Mittelwertsdifferenz, „Std.-Fehler“ = Standardfehler, „Sig“ = Signifikanz).....	37
Tab. 13: Multivarianzanalyse ortho - und retronasales Identifikationsvermögen, Sig. = Signifikanz, df = Freiheitsgrade.....	37
Tab. 14: Bonferroni korrigierte Post hoc Analyse der olfaktorischen Funktion („OlfFunc“), „Std. - Fehler“ = Standardfehler, „Sig“ = Signifikanz, KI = Konfidenzintervall	38
Tab. 15: ANOVA mit Messwiederholung, „OlfFunc“= olfaktorische Funktion, „norm“ = normosmisch, „hyp“ = hyposmisch, „an“ = anosmisch, „ortho“ = orthonasal, „retro“ = retronasal, „KI“ = Konfidenzintervall, „u.W.“ = unterer Wert, „o.W.“ = oberer Wert.....	39
Tab. 16: Multivarianzanalyse von ortho - und retronasalem Schwellenvermögen und der olfaktorischen Funktion („OlfFunc“) in Abhängigkeit vom Alter, Sig. = Signifikanz, df = Freiheitsgrade.....	40