



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

**„Die Bedeutung der Sensorik in der medizinischen
Forschung“**

Verfasserin

Petra Simon

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt.
Studienblatt:

A 474

Studienrichtung lt.
Studienblatt:

Diplomstudium Ernährungswissenschaften

Betreuerin:

Ao. Univ. Prof. Dr. Dorota Majchrzak

**„Denken ist wundervoll. Aber noch wundervoller ist das
Erlebnis.“
(Oscar Wild)**

Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich bei meiner Diplomarbeitsbetreuerin Frau Ao. Univ.-Prof. Dr. Majchrzak, welche mich bei den Literaturrecherchen tatkräftig unterstützt hat.

Bedanken möchte ich mich auch bei ihr, weil sie sehr viel Geduld für mich aufbringen musste, da ich mehr Zeit aufgrund meiner Berufstätigkeit, als zuerst vorgesehen, für meine Diplomarbeit einplanen musste.

Auch danke ich meinen Studienkolleginnen Martina und Kathrin, dass sie mir immer mit einem guten Rat und vielen wichtigen Zusatzinformationen zur Seite standen.

Einen großen Dank möchte ich meiner guten Freundin Sonja aussprechen, die mich in EDV-Fragen stets unterstützte und daher einen großen Beitrag zum Gelingen der Arbeit geliefert hat.

Nicht zuletzt möchte ich mich am allermeisten bei meinem Mann Andreas und meiner Familie bedanken, die mir immer wieder Kraft und Energie gegeben haben, wenn meine aufgebraucht war.

Danke sagen möchte ich besonders meinen Eltern Edith und Franz für die finanzielle Unterstützung, ohne die meine Ausbildung an der Universität Wien gar nicht möglich gewesen wäre.

DANKE!

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	8
2. Allgemeine Sinnesphysiologie	10
3. Die chemischen Sinne	12
3.1 Der Geschmackssinn	12
3.1.1 Bau der Geschmacksorgane	12
3.1.2 Die Geschmacksqualitäten	15
3.1.2.1 Süß	16
3.1.2.2 Sauer	17
3.1.2.3 Salzig	17
3.1.2.4 Bitter	18
3.1.2.5 Umami	18
3.1.2.6 Fett	19
3.1.2.7 Metallisch	19
3.1.2.8 Calcium	20
3.1.2.9 Eigenschaften des Geschmackssinnes	20
3.2 Der Geruchssinn	20
3.2.1 Morphologie und Anatomie	21
3.2.2 Retronasale Wahrnehmung	23
3.2.3 Klassifikation von Gerüchen	25
3.2.4 Gewöhnungseffekte	25
3.2.5 Schwellenwerte	26
4. Weitere Sinne	27
4.1 Der Sehsinn	27
4.1.1 Anatomie und Physiologie des Auges	27
4.2 Der Gehörsinn	28
4.2.1 Anatomie und Physiologie des Ohres	29
4.3 Der Hautsinn = Getast	30
4.3.1 Der Schmerzsin	31
4.3.2 Der Temperatursinn	32

5. Geruchs- und Geschmacksstörungen	33
5.1 Störungen des Geruchssinns	33
5.1.1 Quantitative Störungen	33
5.1.2 Qualitative Störungen	34
5.2 Störungen des Geschmackssinns	34
5.2.1 Quantitative Störungen	34
5.2.2 Qualitative Störungen	35
6. Gründe für Geruchs- und Geschmacksstörungen	35
6.1 Periphere Gründe für Geruchsstörungen	35
6.1.1 Sinunasale Infektionskrankheiten	36
6.1.2 Tumore der Nasenhöhle und Nasennebenhöhle	36
6.1.3 Allergische Rhinitis	37
6.1.4 Angeborene und im Laufe der Zeit erworbene Missbildungen	37
6.1.5 Drogen	37
6.2 Zentrale Gründe für Geruchsstörungen	38
6.2.1 Alzheimer und Demenzerkrankungen	38
6.2.2 Parkinson	39
6.2.3 Schizophrenie	39
6.2.4 Schädeltraumen	40
6.2.5 „Burning mouth syndrom“	40
6.2.6 Krebs	40
6.2.7 Angeborene Anosmie	41
6.2.8 Aids	41
6.2.9 Weitere Gründe	41
6.3 Medikamente	42
6.4 Medizinische Eingriffe	42
6.4.1 Chemotherapie und Strahlenbehandlung	42
6.4.2 Mikrochirurgie im Rachenraum	43
6.4.3 Mittelohroperationen	43
6.4.4 Schädelbasischirurgie	44

7. Medizinische Methoden zur Untersuchung der olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit	44
7.1 Übersichtsröntgenaufnahmen	44
7.2 Klassische Tomographie	45
7.3 Computertomographie	45
7.4 Magnetresonanztomographie	45
7.5 Nuklearmedizin	46
7.6 Angiographie	46
7.7 Volumetrische Untersuchungen des <i>Bulbus olfactorius</i>	47
7.8 Biopsien	47
8. Sensorische Methoden zur Untersuchung der olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit	47
8.1 Messungen des Riechvermögens	47
8.1.1 Psychophysische Untersuchungen	47
8.1.2 Elektrophysiologische Verfahren	55
8.2 Messungen des Geschmacksvermögens	60
8.2.1 Psychophysische Untersuchung	60
8.2.2 Elektrogustometrie	62
8.2.3 Gustatorisch evozierte Potenziale	62
9. Schlussbetrachtung	64
10. Zusammenfassung	67
11. Summary	68
12. Literaturverzeichnis	69
13. Unterfertigte eidesstattliche Erklärung	76

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Sinnesorgane des Menschen	10
Abb. 2: Schnitt durch die Geschmacksknospe	12
Abb. 3: Rezeptive Felder auf der Zunge	13
Abb. 4: Die drei Typen der Geschmackspapillen	14
Abb. 5: Aufbau und Innervation einer Geschmacksknospe	15
Abb. 6: Das Riechorgan	21
Abb. 7: Schematischer Aufbau der Riechschleimhaut mit den Verbindungen zum Riechkolben	22
Abb. 8: Schnitt durch die Netzhaut	28
Abb. 9: Schema von Mittelohr und Innenohr	29
Abb. 10: Schnitt durch die Haut	31
Abb. 11: Sniffin Sticks für den Screening 12 Test	48
Abb. 12: Sniffin Sticks für den Schwellentest	49
Abb. 13: Sniffin Sticks für den Diskriminationstest	50
Abb. 14: Sniffin Sticks für den Identifikationstest	50
Abb. 15: Experimentier- und ein Forschungsolfaktometer	56
Abb. 16: Funktionsweise eines Olfaktometers	57
Abb. 17: Gustometer	63

1. Einleitung und Fragestellung

Der Geruchs- und Geschmackssinn sind eng miteinander verbunden. Das ist daran erkennbar, dass beide mit dem vegetativen Nervensystem verknüpft sind. Schlechter Geschmack oder Geruch können Erbrechen und Übelkeit auslösen, wogegen angenehme Gerüche die Speichel- und Magensaftsekretion anregen. Für den Menschen gehört ein intakter Geruchs- und Geschmackssinn zur ganzheitlichen Wahrnehmung seiner Umwelt und beeinflusst somit sein allgemeines Wohlbefinden (HAAMANN, 2003).

Menschen mit Geschmacks- oder Geruchsverlusten haben eine erhebliche Beeinträchtigung ihrer Lebensqualität, denn sie können Feuer, giftige Dämpfe, austretendes Gas, verdorbenes Essen usw. nicht schmecken oder riechen. Diese Gefahren könnten durch einen intakten Geruchs- oder Geschmackssinn erfasst werden und somit Leben retten. Besonders gefährlich ist diese Funktionsstörung für ältere oder allein lebende Menschen.

Personen, die in ihren Beruf vom Geruchs- oder Geschmackssinn abhängig sind, wie zum Beispiel ein Koch oder ein Feuerwehrmann, müssen aufgrund einer solchen Erkrankung sehr oft ihre Erwerbstätigkeit ändern.

Patienten, die Geschmacks- oder Geruchsbeschwerden haben, sind schwer zu diagnostizieren und zu behandeln, da einerseits die Ärzte oft zu wenig über den Geruchs- und Geschmackssinn samt ihrer Funktionsstörungen wissen, andererseits weil der Erkrankte seine Beschwerden nicht genau einschätzen kann.

Manchmal treten Funktionsstörungen des Geschmacks- und Geruchssinns auch als Folgen von anderen Erkrankungen auf. Sehr oft aber handelt es sich bei solchen Störungen um eine verringerte Fähigkeit zu riechen oder zu schmecken (DUNCAN und SMITH, 1995).

Während der letzten 150 Jahre wurden unzählige Verfahren erfunden, um die Fähigkeit zu riechen zu evaluieren. Die meist bekannteste klinische Methode um die Geruchsfunktion zu testen war, dass der Patient gefragt wurde, ob er/sie

einen bestimmten Duftstoff riechen konnte, nachdem er/sie zwei bis drei Mal an einem simplen Duft, wie zum Beispiel Kaffee, gerochen hat.

Glücklicherweise gab es in der letzten Zeit einen beachtlichen Fortschritt in der Entwicklung von zuverlässigen, stichhaltigen und klinisch anwendbaren psychophysischen und elektrophysiologischen Methoden, um die Geruchsfunktionen testen zu können (DOTY und KOBAL, 1995).

Chemosensorische Tests messen primär die Kompetenz mit Angaben eines menschlichen Beobachters, um sich die Vielzahl von psychophysischen Techniken zu nutze zu machen. Diese Techniken erlangten sensorische Bedeutung bei der Bewertung von sensorischen Schwellen, Qualitätsidentifikation und Qualitätsdiskriminierung (FRANK et al, 1995).

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war es, Geruchs- und Geschmacksstörungen aufzuzeigen, die durch Krankheiten des Geruchs- und Geschmackssinnes (wie neurologische und psychische Erkrankungen), sowie durch chirurgische Eingriffe und Medikamenteneinnahmen verursacht werden. Weiters werden medizinische und sensorische Techniken beschrieben, wodurch diese Funktionsstörungen des Geruchs- und Geschmackssinnes feststellbar werden.

2. Allgemeine Sinnesphysiologie

Die Sinnesphysiologie hat eine objektive Größe, wobei unter diesen Gesichtspunkt die Sinnesreize fallen und eine subjektive Dimension, die subjektiven Wahrnehmungen, die durch Sinnesreize hergeleitet werden. Diese Empfindungen sind kein passives Abbild der Umwelt, denn sie kommen durch aktive Leistungen des Gehirns zustande (SCHMIDT UND THEWS, 1997).

Um bestimmte, überlebenswichtige Reize aus unserem Lebensraum oder unserem Körper wahrzunehmen, wurden in der Entwicklungsgeschichte Sinnesorgane geschaffen. Man muss hier zwischen adäquaten Reizen (z.B. Schall beim Ohr, Licht beim Auge), den spezifischen Empfindungen und den inadäquaten Reizen, die durch visuelle Eindrücke zustande kommen, unterscheiden.

Neben den fünf Sinnen (sehen, hören, schmecken, riechen, tasten bzw. fühlen), die in Abbildung 1 ersichtlich sind, gibt es noch eine Fülle von anderen Sinnesorganen (z.B. Gleichgewichtssinn, Schmerzsin, Temperatursinn).

An der Ausführung physiologischer Prozesse haben viele Sinnesorgane rein die Aufgabe als Messinstrument mitzuarbeiten (SCHMIDT UND THEWS, 1997).



Abb. 1: Die Sinnesorgane des Menschen (Anatomie Atlas, 2008))

Im 19. Jahrhundert war über die Aufgabe der Sinnesorgane noch sehr wenig bekannt, wodurch sich die Sinnesphysiologen mit der Beziehung zwischen Reiz und subjektiven Empfindungen auseinandersetzen.

Wichtig waren hier die sensorischen (Intensitäts-)Schwellen.

Die Reiz- oder Absolutschwelle beschreibt die kleinste Reizintensität, bei der gerade noch eine Empfindung bei einer bestimmten Reizkonfiguration hervorgerufen wird.

Um einen merklich stärkeren Sinneseindruck auszulösen, ist ein Reizzuwachs nötig. Das bezeichnet man als Unterschiedsschwelle.

Das Weber-Gesetz besagt, dass dieser Reizzuwachs ein konstanter Bruchteil des Ausgangsreizes ist, der Weber-Quotient (SCHMIDT und THEWS, 1997).

Um die Differenziertheit der Sinnesschwellen zu beachten, müssen Reize wiederholt und in abgestufter Intensität bei allen Schwellenbestimmungen offeriert werden.

Kontinuierliche Beziehungen zwischen Reizintensität und Wahrnehmungsintensität beschreiben die psychophysischen Gesetze (SCHMIDT und THEWS, 1997).

Fechners „psychophysische Beziehung“ sagt aus, dass eine logarithmische Reizzunahme einer linearen Zunahme der Empfindungsintensität entspricht. Diese Beziehung formuliert eher die Unterscheidbarkeit von Reizen, als die subjektive Empfindungsstärke (SCHMIDT und THEWS, 1997).

Steven's psychophysische Beziehung drückt aus, dass Reizstärke und Empfindungsstärke über eine Potenzfunktion miteinander verbunden sind.

Diese Beziehung ergibt sich, wenn die Empfindungsstärke direkt geschätzt wird.

Die moderne sinnesphysiologische Forschung sucht nach der Verknüpfung von physiologischen Prozessen und Wahrnehmungsprozessen (SCHMIDT und THEWS, 1997).

3. Die chemischen Sinne

Zu den chemischen Sinnen zählt man den Geruchs- und den Geschmackssinn. Der Geschmackssinn wird auch als „chemischer Nahsinn“ bezeichnet, was bedeutet, dass die geschmackswirksamen Substanzen mit den Rezeptorproteinen der Zellenmembran in Kontakt treten müssen, um eine Reizempfindung auszulösen (BUSCH-STOCKFISCH, 2002).

Beim Menschen hat der Geruchssinn weitaus mehr Bedeutung als der Geschmackssinn, denn alle Feinheiten einer guten Küche oder eines guten Weines werden fast nur mit dem Geruchssinn wahrgenommen. Auch wenn wir in der Umgangssprache sagen, „Das schmeckt gut“, ist es die Gesamtheit aller Empfindungen, die während der Nahrungsaufnahme entsteht. Schmecken kann der Mensch nur, ob etwas süß, sauer, salzig oder bitter ist (SCHMIDT UND THEWS, 1997).

3.1 Der Geschmackssinn

3.1.1 Bau der Geschmacksorgane

Auf der Zunge befinden sich Geschmackspapillen und Geschmacksknospen. Die Rezeptorproteine sind in deren Membran eingelagert, was in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt ist.

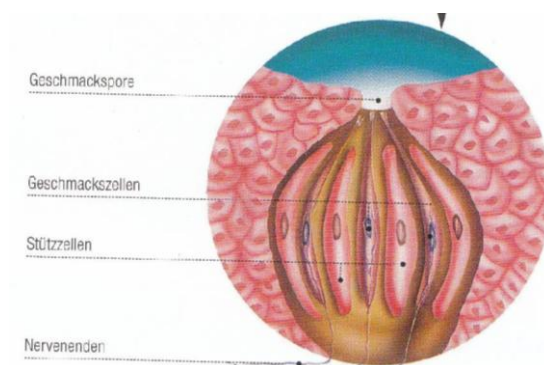


Abb. 2: Schnitt durch eine Geschmacksknospe (Anatomie Atlas, 2008)

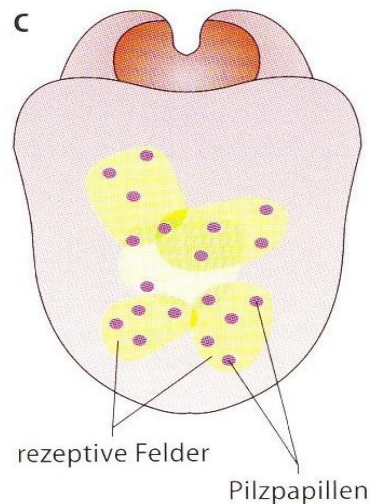


Abb. 3: Rezeptive Felder auf der Zunge (SCHMIDT, 1997)

Man kann drei Typen von Geschmackspapillen unterscheiden (Abbildung 4):

- die Pilzpapillen (*Papillae fungiformes*), die mit 200 – 400 die größte Gruppe sind und über die ganze Zungenoberfläche verteilt sind.
- Die 15 – 20 Blätterpapillen (*Papillae foliatae*) befinden sich am hinteren Seitenrand der Zunge und sind als dicht hintereinander liegende Falten angeordnet.
- Die Wallpapillen (*Papillae vallatae*) sind der Größe nach die größten und liegen an der Grenze zum Zungengrund. Davon besitzt der Mensch nur 7 – 12.
- Die kleinen Fadenpapillen (*Papillae filiformes*), die nur taktile Funktion haben, sind über die übrige Zungenfläche verteilt (SCHMIDT und THEWS, 1997).

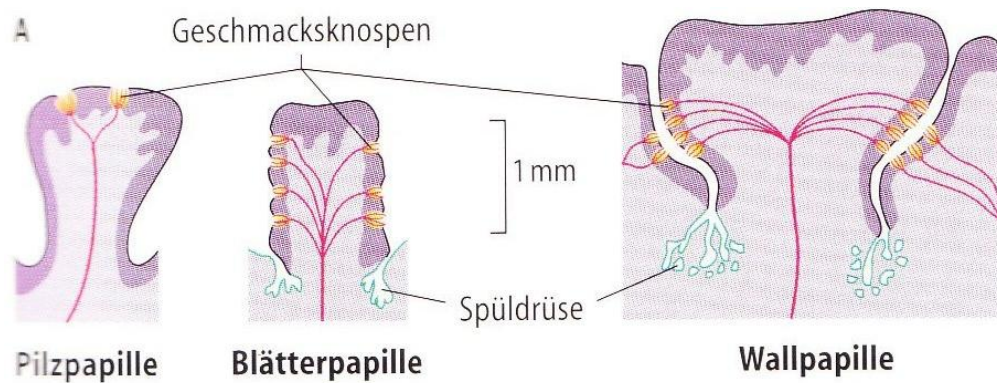


Abb. 4: Die drei Typen der Geschmackspapillen (SCHMIDT, 1997)

Der erwachsene Mensch besitzt ungefähr 2000 – 4000 Geschmacksknospen, die in den Epithelen der Papillen enthalten sind.

An der Oberfläche der Geschmacksknospen befindet sich ein flüssigkeitsgefüllter Trichter, der sogenannte *Porus* (SCHMIDT und THEWS, 1997).

Jede Geschmacksknospe besitzt neben Stütz- und Basalzellen auch 10 – 50 Sinneszellen. Diese Geschmackssinneszellen sind veränderte Epithelzellen.

Am Ende der schlanken Sinneszellen befinden sich feine dentrische Fortsätze, die *Mikrovilli*. Diese dienen der Oberflächenvergrößerung. Der Aufbau einer Geschmacksknospe wird in Abbildung 5 und 6 dargestellt (SCHMIDT und THEWS, 1997).

Für die Reizaufnahme sind die Geschmacksrezeptoren verantwortlich, die in der Membran der Mikrovilli vorhanden sind (SCHMIDT und THEWS, 1997).

Die Geschmackssinneszellen sind sekundäre Sinneszellen ohne Nervenfortsatz und werden so von afferenten Hirnnervenfasern (*N. facialis*, *N. glossopharyngeus*, *N. vagus*) versorgt (SCHMIDT und THEWS, 1997).

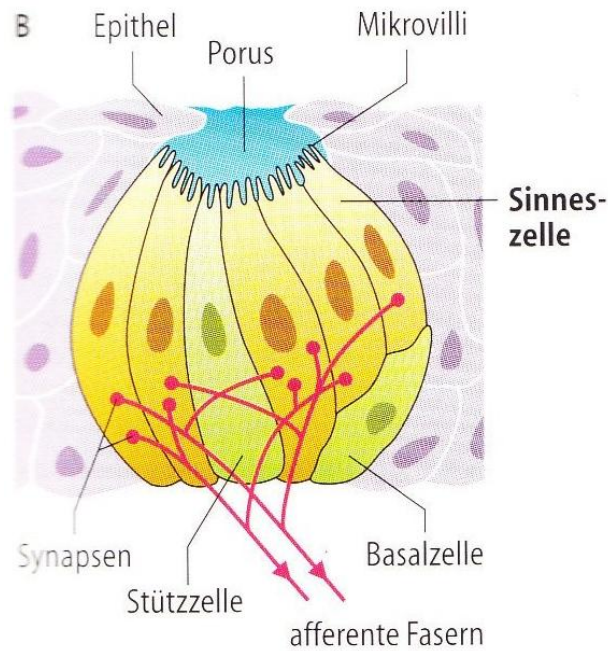


Abb. 5: Aufbau und Innervation einer Geschmacksknospe (SCHMIDT, 1997)

Diese Nervenfasern leiten die Information zum *Nucleus solitorius* der *Medulla oblongata*. Zum *Hypothalamus* und zum *Gyrus postcentralis* ziehen Fasern von der *Medulla oblongata*, wo diese gemeinsame Projektionsgebiete mit olfaktorischen Eingängen besitzen.

Für die emotionale Komponente von Geschmackswahrnehmungen sind diese Verknüpfungen sehr wichtig (SCHMIDT und THEWS, 1997).

3.1.2 Die Geschmacksqualitäten

Süß, sauer, salzig und bitter sind die vier primären Geschmacksempfindungen des Menschen.

Häufig haben Geschmacksreize auch Mischqualität und setzen sich aus mehreren Grundqualitäten zusammen, z.B. süßsauer.

„Umami“ stellt die fünfte Geschmacksqualität dar.

Im japanischen steht dieser Begriff für „köstlich schmeckend“ und entsteht durch Substanzen, wie Glutamat und Aspartat, die selbst kaum Geschmack haben.

Süße Geschmacksrichtungen werden durch Maltol verstärkt und Glutamat verstärkt den Fleischgeschmack (BUSCH-STOCKFISCH, 2002; DERNDORFER, 2006).

Früher dachte man, dass jede Geschmacksempfindung an einem bestimmten Zungenareal wahrgenommen werden kann, was sich als falsch herausstellte.

Jede Papille ist nämlich für mehrere, meist sogar für alle Geschmacksqualitäten sensibel (SCHMIDT und THEWS, 1997; THEWS et al., 1999; DERNDORFER 2006).

Eine Ausnahme bildet der bittere Geschmack, der vorwiegend, aber nicht nur, am Zungengrund wahrzunehmen ist (HATT, 2007). Humanstudien haben ergeben, dass auch Umami am hinteren Teil der Zunge besser zu schmecken ist, als an der Zungenspitze (YASUO et al, 2008).

Seit einiger Zeit gibt es Diskussionen über das Empfinden von Fett und Metallisch (DERNDORFER, 2006).

Es gibt auch Forschungen hinsichtlich des Vorherrschens eines Fett-Rezeptors. Bei dem Glykoprotein CD36 handelt es sich um einen Fettsäuretransporter, der die Zunge das Fett schmecken lässt. Bei Ratten wurde dieses Glykoprotein an der Spitze der Geschmackszellen nachgewiesen.

Im menschlichen Körper befindet es sich auch in verschiedenen Geweben (LAUGERETTE et al., 2007; SCLAFONI et al., 2007).

Auch für Calcium gibt es Hinweise auf einen eigenen Rezeptor (GABRIEL et al, 2009).

3.1.2.1 Süß

Der süße Geschmack wird meist durch organische Substanzen ausgelöst. Dazu zählen die verschiedenen natürlichen Zucker, Aminosäuren bei neutralem pH-Wert, Alkohole und Glykole. Synthetische Süßstoffe, wie Saccharin und Aspartam, schmecken auch süß. Diese besitzen eine sehr viel höhere Süßkraft. Ihr Nachgeschmack kann aber bitter sein (FRUHSTORFER, 1996).

Große Unterschiede gibt es bei der Struktur der süß schmeckenden Moleküle, wobei jedes Molekül zumindest zwei polare Substituenten hat (HATT, 2007).

Die angeborene Vorliebe für Süß, die viele Lebewesen besitzen, liegt daran, dass uns der süße Geschmack das Vorhandensein von Kohlenhydraten und Proteinen anzeigt (FRUHSTORFER, 1996).

Die Wahrnehmungsschwelle für Glukose liegt bei 0,08 mol/l und die für Saccharose bei 0,01 mol/l. Die Schwellen für die Süßstoffe sind um vieles niedriger angesetzt, für Saccharin zum Beispiel bei 0,000023 mol/l (BIRBAUMER und SCHMIDT, 2006).

3.1.2.2 Sauer

Säuren sind Substanzen, die Protonen abgeben. Durch diese Ionen wird der saure Geschmack verursacht. Sauer wird ab einem pH-Wert niedriger als 3,5 empfunden und diese Sauer-Empfindung kann durch Neutralisation aufgehoben werden.

Der pH-Wert, und somit die H^+ -Ionenkonzentration, ist verantwortlich für die Intensität des Sauren Geschmacks. Je höher die Konzentration, desto höher die Intensität der Empfindung (HATT, 2007). Auch die Wahrnehmungsschwelle von HCl mit 0,0009 mol/l ist im Vergleich zu Zitronensäure mit 0,0023 mol/l deutlich geringer (BIRBAUMER und SCHMIDT, 2006). Bei gleichem pH-Wert nimmt der Saure Geschmack mit der Konzentration der Säure zu (SOWALSKY und NOBLE, 1998). Die Länge der Kohlenstoffkette ist ausschlaggebend für die Saure Empfindung. Je länger diese Kette ist, desto saurer das Molekül (HATT, 2007). Zum Beispiel wird Zitronensäure weniger sauer empfunden als Essigsäure, Apfelsäure, Fumarsäure oder Milchsäure. Die adstringierende Empfindung, die oft mit Säuren einhergeht ist alleine vom pH-Wert abhängig. Je niedriger dieser ist, desto stärker zusammenziehend wirkt die Säure (SOWALSKY und NOBLE, 1998).

3.1.2.3 Salzig

Alle kristallinen Salze, die in Wasser in Kationen und Anionen dissoziieren, schmecken salzig. Daher wird die Geschmacksintensität sowohl von den

Kationen als auch von den Anionen bestimmt. Neben dem salzigen Geschmack werden auch noch andere Empfindungen von Salzen verursacht (HATT, 2007). Nur Kochsalz hat einen rein salzigen Geschmack (DERNDORFER, 2006). Zum Beispiel hat Natriumbikarbonat einen salzig-süßen und Magnesiumsulfat einen salzig-bitteren Geschmack. Auch Kochsalz kann in sehr geringen Konzentrationen eine süße Empfindung auslösen (HATT, 2007). Die Wahrnehmungsschwelle für salzige Moleküle wie zum Beispiel NaCl liegt bei 0,01 mol/l (BIRBAUMER und SCHMIDT, 2006).

3.1.2.4 Bitter

Viele Moleküle wie organische Substanzen, Peptide, Ionen und Salze sind für ihren bitteren Geschmack bekannt. Am Beispiel Aspartam ist ersichtlich, dass auch bittere Stereoisomere von süßen Substanzen vorhanden sind.

Eine große Anzahl von bitteren Stoffen ist für den Menschen giftig. Einige wiederum sind nur in hohen Konzentrationen toxisch und in niedrigen Konzentrationen sogar gesundheitsfördernd. Dazu zählen sekundäre Pflanzenstoffe wie zum Beispiel Flavonoide und Phenole.

Die molekularen Strukturen von bitteren Substanzen weisen eine hohe Variabilität auf. Deshalb konnten nur einige mögliche Teilstrukturen, die auf Bitterkeit hinweisen, gefunden werden. Auch die große Zahl an Bitterrezeptoren stellt eine gewisse Schwierigkeit dar, weil nur wenig bekannt ist über die Assoziation zwischen Molekül und Rezeptor (RODGERS et al, 2005).

Bitter wird schon bei sehr geringen Konzentrationen wahrgenommen. Die Schwelle liegt zum Beispiel für Chininsulfat bei 0,000008 mol/l (BIRBAUMER und SCHMIDT, 2006).

3.1.2.5 Umami

Umami stammt aus dem Japanischen und bedeutet „köstlich“ (LINDEMANN et al, 2002). 1908 wurde Umami bereits vom japanischen Wissenschaftler K. Ikeda entdeckt. Erst vor kurzem wurde es als fünfte Grundgeschmacksqualität anerkannt (ZHANG et al, 2008). Ausgelöst wird der Umami Geschmack durch

Monosodium L-Glutamat (MSG), das weit verbreitet in Lebensmitteln vorkommt. Zum Beispiel ist es in Fleisch, Fisch und auch in einigen Gemüsearten enthalten (YASUO et al, 2008).

In Chinarestaurants wird es häufig dem Essen zugesetzt und ist Auslöser des oft genannten „Chinarestaurant Syndroms“. Dabei handelt es sich um eine Glutamatunverträglichkeit, bei der es zu Kopfschmerzen, Schweißausbrüchen, Juckreiz und Übelkeit kommt.

Der Schwellenwert für MSG liegt im Bereich von 5 ppm.

Es ist wahrscheinlich, dass es auch noch andere Moleküle gibt, die eine Umami Empfindung auslösen (WINKEL et al, 2008).

3.1.2.6 Fett

Es gibt Hinweise auf eine sechste Geschmacksqualität, da das Empfinden von Fett nicht nur durch olfaktorische und taktile Reize ausgelöst wird, sondern auch durch den Geschmackssinn. Ein Beispiel ist das rezeptorähnliche Glycoprotein CD36, das in den Geschmackssinneszellen von Ratten gefunden wurde. Hingegen ist noch nicht geklärt, ob auch beim Menschen CD36 oder andere Rezeptoren für das Schmecken von Fett verantwortlich sind (KHAN und BESNARD, 2009).

3.1.2.7 Metallisch

Nach Stimulation mit Calcium- und Magnesiumsalzen und nach Elektrostimulation empfindet der Mensch einen metallischen Geruch und Geschmack. Auch bei direktem Kontakt mit Alufolie und durch Verpackungen kann ein metallischer Geschmack hervorgerufen werden. Beim Burning Mouth Syndrom, einer Krankheit mit Zungenbrennen und Geschmacksmissempfindungen, wird ebenfalls diese Empfindung beschrieben. In der Schwangerschaft kann der metallische Geschmack auch auftreten. Es besteht die Möglichkeit, dass eine metallische Geschmacksqualität gibt, aber Beweise gibt es dafür noch nicht (LAWLESS et al, 2005).

3.1.2.8 Calcium

Der Mensch ist im Stande Lösungen mit Calciumchlorid, Calciumgluconat, Calciumhydroxid, Calciumphosphat und Calciumlactat von reinem Leitungswasser zu unterscheiden (TORDOFF, 1996). Der extrazelluläre Calciumsensing Rezeptor (CaSR) ist dafür vielleicht verantwortlich. Auch in den Geschmackssinneszellen der Blätter- und Wallpapillen von Labortieren wurde dieser Calciumrezeptor entdeckt. Bei Ratten wird so die Calciumaufnahme in Abhängigkeit des Calciumstatus geregelt. Es gibt Hinweise dafür, dass dieser Rezeptor beim Geschmack von Aminosäuren beteiligt ist (GABRIEL et al, 2009).

3.1.2.9 Eigenschaften des Geschmackssinnes

Zusätzlich von der Konzentration eines Stoffes abhängig ist die Empfindungsqualität, die durch Adaption oder pflanzliche Substanzen verändert werden kann.

Der „gustofaziale“ Reflex ist ein angeborenes mimisches Reaktionsmuster, das schon bei Neugeborenen die Lust- und Unlustreaktionen auf Geschmacksstoffe der vier Grundqualitäten deutlich macht (SCHMIDT UND THEWS, 1997).

Große Bedeutung wird dem Geschmackssinn bei der Prüfung der Nahrung beigemessen, denn er bietet Schutz vor dem Verzehren von giftigen Pflanzen, die meist bitter schmecken (SCHMIDT UND THEWS, 1997).

3.2. Der Geruchssinn

Ebenfalls ein chemischer Sinn ist der Geruchssinn, der auf geruchswirksame, chemische und flüchtige Substanzen reagiert und nicht auf physikalische Reize.

Diese Substanzen erreichen über die Atemluft die Rezeptorzellen des Riechepithels (BUSCH-STOCKFISCH, 2002; DERNDORFER, 2006).

Dem Menschen, der im Vergleich zu anderen Lebewesen eine geringe Größe der Riechschleimhaut besitzt, nennt man einen Mikrosomaten (THEWS et al., 1999).

Für viele Tiere ist der Geruchssinn von großer Bedeutung bei der Nahrungsmittelauswahl, was beim Menschen diesbezüglich noch nicht so gut untersucht wurde (GIL-CARCEDO et al., 2000).

Der Geruchssinn spielt beim Menschen eine wichtige Rolle im Bereich der sozialen Beziehungen und trägt zur Steuerung der Fortpflanzung bei (SCHMIDT und THEWS et al., 1997).

3.2.1 Morphologie und Anatomie

Der Nasenraum besteht aus der äußeren Nase und der Nasenhöhle (*Cavum nasi*), (Abbildung 6).

Letztere ist mit Schleimhaut ausgekleidet und teilt sich in zwei Abschnitte, die respiratorische Schleimhaut (*Regio respiratoria*) ohne Riechzellen und die Riechschleimhaut (*Regio olfactoria*) mit Riechzellen (DERNDORFER, 2006; THEWS et al., 1999; SCHMIDT und THEWS, 1997).

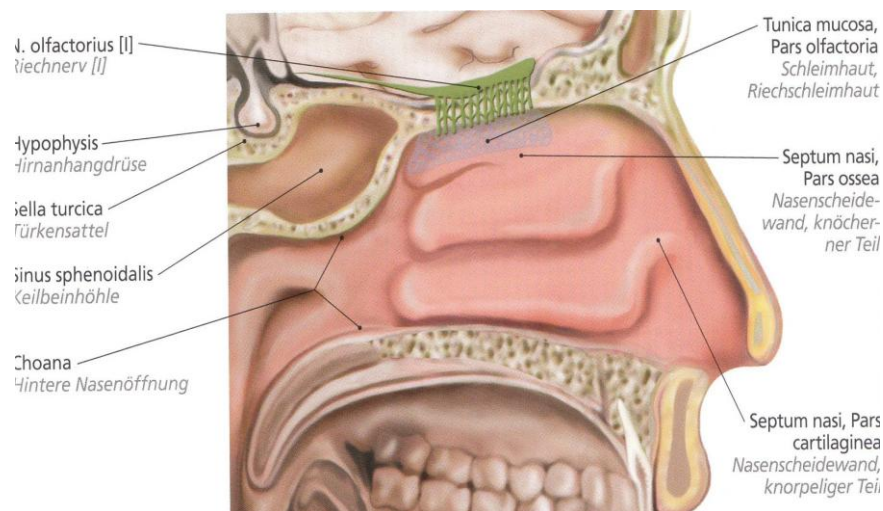


Abb. 6: Das Riechorgan (Anatomie Atlas, 2008)

Die respiratorische Schleimhaut hat die Aufgabe, die Atemluft zu reinigen, zu befeuchten und zu erwärmen.

Riechschleimhaut ist ein ungefähr 2 x 5 cm² großer Bereich an der oberen Nasenmuschel, die im oberen Teil der Nasenscheidewand (*Septum nasi*) sitzt.

Die Basalzellen, die Stützzellen und die Riechzellen kennzeichnen dieses Riechepithel.

Der Mensch besitzt etwa 30 Millionen Riechzellen, die durch Ausdifferenzieren der Basalzellen erneuert werden, weil sie eine geringe Lebensdauer von nur einem Monat haben (Abbildung 7).

Das ist ein Beispiel für Nervenzellen im Nervensystem eines Erwachsenen, welche noch zu mitotischer Teilung fähig sind (DERNDORFER, 2006; THEWS et al., 1999; SCHMIDT und THEWS, 1997).

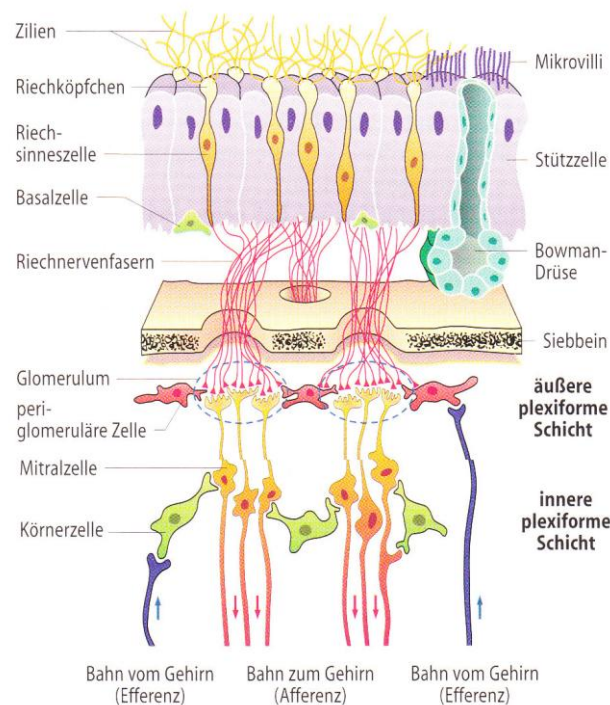


Abb. 7: Schematischer Aufbau der Riechschleimhaut mit den Verbindungen zum Riechkolben (SCHMIDT, 1997)

Von den kleinen kolbenartigen Verbindungen, die diese Riechsinneszellen bilden, gehen je 6 – 10 Riechhaare aus, die die chemosensible Oberfläche des Epithels bilden.

Das Riechepithel besitzt auch Schleimdrüsen (Bowman-Drüsen), deren Sekret die Riechschleimhaut mit einem dünnen Film bedeckt.

Riechsinneszellen sind primäre, bipolare Sinneszellen, die am einen Ende sehr viele feine Sinneshaare (*Zilien*) besitzen, mit denen sie mit der Außenwelt in Kontakt treten.

Am anderen Ende verfügen sie über einen langen dünnen Nervenfortsatz (Axon), mit dem sie einen direkten Zugang zum Gehirn haben.

Die Axone der Riechzellen laufen durch die Siebbeinplatte, um als *Nervus olfactorius* direkt zum Riechkolben (*Bulbus olfactorius*) zu ziehen.

Der Riechkolben ist als vorgelagerter Hirnteil zu sehen (DERNDORFER, 2006; THEWS et al., 1999; SCHMIDT und THEWS, 1997).

Die Riechbahn verläuft so, dass die Axone der Mitralzelle den einzigen Ausgang für Informationen aus dem Riechkolben bilden.

Der Hauptteil der Axone endet im sogenannten Riechhirn, wo die Informationen weiter zum Neokortex und zum Limbischen System geleitet werden.

Von dort aus geht es weiter zum Hypothalamus (DERNDORFER, 2006; THEWS et al., 1999; SCHMIDT und THEWS, 1997).

Die Aktivierung eines G-Proteins sowie der Adenylatzyklase erfolgt dadurch, dass ein Riechstoff in ausreichender Konzentration mit einem Rezeptor der Riechschleimhaut in Kontakt tritt.

Dadurch erfolgt ein Signalverstärkungsmechanismus, der zu einer Depolarisierung der Riechzellen, dem sogenannten Rezeptorpotential, führt.

Eine Änderung der Rezeptorpotentiale in Aktionspotentiale erfolgt am Übergang zum Axon.

Die Aktionspotentiale werden über die oben angeführten Riechbahnen weitergeleitet (HOLLEY, 2006; THEWS et al., 1999).

3.2.2. Retronasale Wahrnehmung

Geruchsempfindungen können durch direktes Riechen (pronasal) und auch während des Verzehrs von Nahrungsmitteln (retronasal) ausgelöst werden (DERNDORFER, 2006; NEGOIAS et al., 2008).

Wichtig hierfür ist die direkte Verbindung zwischen Mundhöhle und Nasenhöhle, damit die Geruchsstoffe von der Mundhöhle zur Riechschleimhaut durchdringen können (DERNDORFER, 2006; NEGOIAS et al., 2008).

Die Vorgänge des retronasalen Riechens sind sehr komplex und nicht vollständig aufgeklärt (BÜTTNER, 2004; BÜTTNER et al., 2000).

Verschiedene physiologische Barriersysteme zum Schutz vor Verschlucken sind dafür verantwortlich.

Diese Systeme werden aus dem weichen Gaumen, dem sogenannten Velum, der Rachen- und Pharynxwand sowie dem Kehldeckel, der *Epiglottis*, gebildet.

Velum und Zungengrund bilden eine stabile Barriere, sobald sich ein Lebensmittel im Mundraum befindet.

Hier wird verhindert, dass Teile des Nahrungsmittels vor dem Schlucken in den Rachenraum oder in die Luftröhre gelangen.

Das Barriersystem wirkt besonders effektiv bei Getränken oder halbflüssigen Lebensmitteln, weil hier die Gefahr des Verschluckens größer ist.

Beim Einführen eines Lebensmittels in den Mund erfolgt die kurzfristige Wahrnehmung eines Aromaimpulses.

Dieser wird durch das Öffnen des Kiefers und die daraus resultierende Öffnung der Velum-Zungengrundbarriere ermöglicht.

Wenn sich nach der Nahrungsaufnahme der Kiefer wieder verschließt, wird die überschüssige Luftmenge mit einem Teil der Aromastoffe aus dem Lebensmittel aus dem Mund – über den Rachenraum in die Nase transportiert.

Es gibt zwei Schutzmechanismen beim Schluckprozess.

Zum einen wird mit dem Verschließen des *Velums* mit der Rachenwand das Eindringen von Nahrungsbestandteilen in den Nasenraum verhindert.

Zum anderen besteht der Schutz im Verschließen der Luftröhre durch die *Epiglottis*.

Hiermit ist während des Schluckens keine Aromawahrnehmung möglich, weil der Nasen- vom Rachenraum durch die Barriere getrennt ist.

Das Aroma des Nahrungsmittels kann durch den auf das Schlucken folgenden Atemzug empfunden werden (BÜTTNER, 2004; BÜTTNER und SCHIEBERLE, 2000).

3.2.3 Klassifikation von Gerüchen

Es gab viele Ansätze um Gerüche zu klassifizieren. 1915 entwickelte Henning ein Geruchsprisma mit sechs primären Geruchsqualitäten: blumig, faulig, fruchtig, würzig, verbrannt und harzig.

Das von Amoore 1952 vorgeschlagene Geruchsschema von 7 typischen Geruchsklassen hat heute noch Gültigkeit: blumig, ätherisch, moschusartig, kampferartig, schweißig, faulig, stechend.

Die Düfte, die natürlich vorkommen, sind Duftgemische, in denen es charakteristische „Leitdüfte“ gibt.

Keidel sprach 1965 von fünf Grundqualitäten: würzig, blumig, fruchtig, harzig, faulig.

1971 probierte Köster Gerüche aufgrund ihrer Kreuzadaptionen einzuteilen.

Das war aber zu kompliziert und zeitaufwändig (DERNDORFER, 2006; BUSCH-STOCKFISCH, 2002; SCHMIDT und THEWS, 1997).

„Gesunde“ Menschen sind in der Lage verschiedene Gerüche zu klassifizieren. Personen mit Funktionsstörungen des Geruchssinns können solche Düfte nicht mehr erfassen bzw. in Klassen einteilen, was zu einer schweren Beeinträchtigung ihres Lebens führt.

3.2.4 Gewöhnungseffekte

Adaption und Habituation bedeutet die Gewöhnung an verschiedene Gerüche, die zur Herabsetzung der Intensität von Geruchsempfindungen führen kann.

Trotz gleich bleibender Konzentration der Geruchssubstanz durch gleich bleibende Reizung der Rezeptoren mit einem Duftstoff, vermindert sich die empfundene Intensität bei der Adaption.

Schon bei einer einmaligen anhaltenden Stimulierung kann dieser Gewöhnungseffekt ausgelöst werden (DERNDORFER, 2006; SCHMIDT und THEWS, 1997).

Ein erfahrungsabhängiger Sensibilitätsverlust, dessen Ausprägung mit der Anzahl der Assoziationen mit olfaktorischen Reizcharakteristika zunimmt, wird als Habituation bezeichnet. Habituation ist also das Ergebnis einer großen Zahl von Stimulationen mit einem bestimmten Duftreiz (MAJCHZRAK, 2007/2008).

Als Kreuzadaption wird bezeichnet, wenn die Adaption an einen Grundreiz auch die Empfindlichkeit für andere Substanzen senkt.

Dies ist eine weitere Möglichkeit, um Düfte zu klassifizieren.

10 verschiedene Duftklassen konnten durch Kreuzadaptionstests unterschieden werden.

Sie decken sich auch teilweise mit denen von Amoore (DERNDORFER, 2006; SCHMIDT und THEWS, 1997).

Ein dritter Ansatz sind die beim Menschen angeborenen Geruchsblindheiten für gewisse Duftgruppen, die sogenannten partiellen Anosmien.

Hier dürften die Rezeptormoleküle für die Erkennung der Düfte fehlen.

Bis jetzt wurden sieben Typen von Anosmien beschrieben:

Urin, Malz, Campher, Sperma, Moschus, Fisch, Schweiß (SCHMIDT und THEWS, 1997).

3.2.5 Schwellenwerte

Grenzwerte von objektiven Empfindungen und subjektiven Wahrnehmungen werden als Schwellenwerte bezeichnet. Sie können für alle Sinne definiert werden (GRÜB, 2002).

Folgende Schwellen können in Bezug auf die Geruchswahrnehmung unterschieden werden:

Unter Reizschwelle, Wahrnehmungsschwelle oder Absolutschwelle ist die niedrigste Reizintensität gemeint, die gerade noch eine Empfindung hervorruft, ohne dass der Duft eindeutig identifiziert werden kann.

Die minimale Reizintensität, bei der die qualitative Erkennung einer Empfindung möglich ist, wird als Erkennungsschwelle bezeichnet (BELITZ et al., 2008; DIN 10950-1: 1999-04; DERNDORFER, 2006; GRÜB, 2002).

Der kleinste wahrnehmbare Konzentrationsunterschied zweier Proben, auch „just noticeable difference“, bezeichnet die Unterschiedsschwelle.

Als Sättigungsschwelle wird die Schwelle der maximalen Empfindung, die auch durch Reizverstärkung nicht mehr erhöht werden kann, bezeichnet (DERNDORFER, 2006; DIN 10950-1: 1999-04; GRÜB, 2002).

4. Weitere Sinne

4.1 Der Sehsinn

Die Augen mit Sehnerv und das Sehzentrum im Gehirn machen den Gesichtssinn aus.

Das einwandfreie Zusammenspiel dieser ermöglicht das Sehen (MAJCHRZAK, 2008).

4.1.1 Anatomie und Physiologie des Auges

Auf der Netzhaut werden die Umweltobjekte im Auge abgebildet.

Zapfen und Stäbchen sind die beiden Arten von Photorezeptoren, die unsere Netzhaut aufweist (Abbildung 8).

Ein elektrisches Signal, das durch Umwandlung von Licht als physikalischer Reiz mit Hilfe der Zäpfchen und Stäbchen entsteht, wird an das Gehirn weitergeleitet (THEWS et al., 1999; BUSCH STOCKFISCH, 2002).

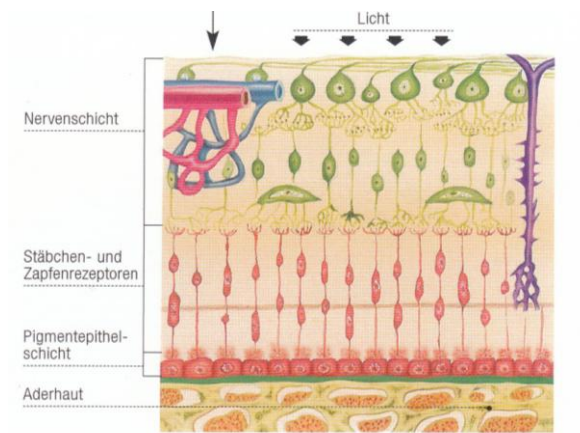


Abb. 8: Schnitt durch die Netzhaut (Anatomie Atlas, 2008)

Durch die Zapfen wird das Farb-Sehen möglich und die Stäbchen, die auf Licht reagieren, sind für das Schwarz-Weiß-Sehen verantwortlich.

60 Millionen Zapfen und 120 Millionen Stäbchen besitzt das menschliche Auge.

Die Hornhaut und die Linse sind die bildentwerfenden Abschnitte des Auges, der bildaufnehmende Teil ist die Netzhaut.

Farbe, Form und Struktur/Gefüge sind durch das Sehen wahrnehmbare und messbare sensorische Eigenschaften.

Durch das Sehen werden alle darauf folgenden sensorischen Beurteilungen beeinflusst (DERNDORFER, 2006).

4.2 Der Gehörsinn

Alle mit dem Ohr wahrnehmbaren Sinneseindrücke zählen zu den auditiven Eindrücken, wie zum Beispiel Geräusche, die beim Kauen oder beim Abbeißen entstehen (DERNDORFER, 2006).

4.2.1. Anatomie und Physiologie des Ohres

Der Schall gelangt durch den äußeren Gehörgang an das Trommelfell und wird durch Gehörknöchelchen in das Innenohr übertragen (Abbildung 9).

In dem mit Flüssigkeit gefüllten Innenohr bewegt sich das mechanische Schallsignal wellenförmig weiter und wird dann in ein elektrisches Signal umgewandelt (= Transduktion).

Das Signal wird durch die Sinneszellen an den Hörnerv weitergegeben, der dann die Informationen ans Gehirn weiterleitet (DERNDORFER, 2006).

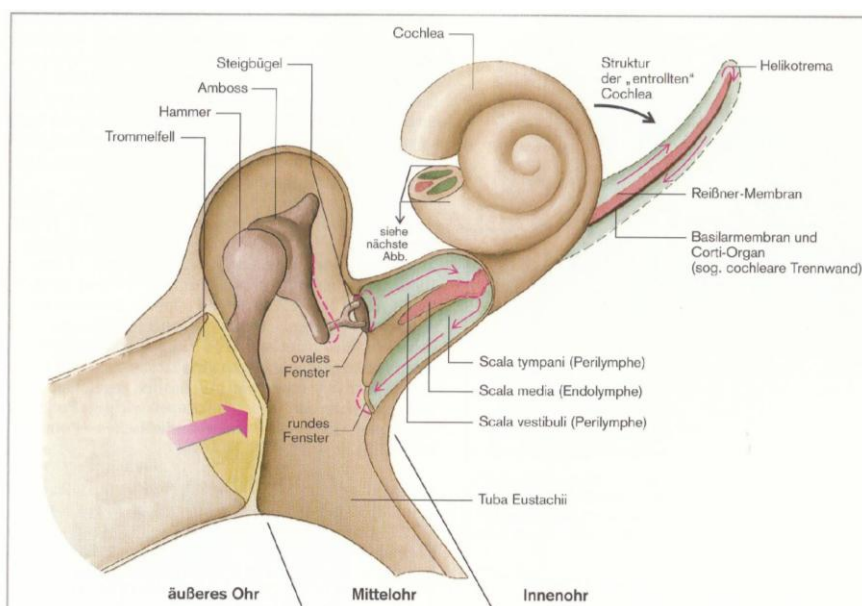


Abb. 9: Schema von Mittelohr und Innenohr (Biologie, Anatomie, Physiologie, 2003)

Bei der sensorischen Produktanalyse bekommt man durch auditive Eindrücke positive oder negative Beurteilungen.

Die wahrgenommenen Sinneseindrücke können ebenso mit positiven oder negativen Produktattributen eines Lebensmittels in Beziehung gebracht werden.

Im Vergleich zu anderen Sinnesorganen spielt der Gehörsinn aber eher eine untergeordnete Rolle im Bezug auf sensorische Prüfungen (FLIEDNER und WILHELM, 1989).

4.3 Der Hautsinn (=Getast)

Nach Plattig (1995) ist der Hautsinn aufgeteilt in:

1. Mechanozeption (Tastsinn)
2. Thermorezeption (Temperatursinn)
3. Nozizeption (Schmerzsinn)

Mit dem Tastsinn sind haptische Eindrücke gemeint, die in taktile und kinästhetische Eindrücke unterteilt werden.

Taktile sind mit dem Mund und den Händen wahrnehmbare Berührungen (z.B. glatt, rau).

Die kinästhetischen Berührungen sind dynamische Sinneseindrücke, die durch Kau- und Handbewegungen entstehen (z.B. zäh, körnig, knusprig).

Beim Tastsinn fungieren die Merkel-Tastzellen, die Tasthaare, die Meißnerschen Körperchen und die Vater-Pacimischen Körperchen (Lamellenkörperchen) als Sinneszellen. (Abbildung 10)

Die Merkel-Zellen messen Dauer und Intensität eines Druckreizes, wobei die Tasthaare die Geschwindigkeit der Haarbewegung erfassen.

Die Geschwindigkeit, die durch einen Druckreiz eine Verformung der Haut verursacht, wird von dem Meißnerschen Körperchen gemessen.

Die Vibrationen auf unserer Haut können mit den Lamellenkörperchen aufgenommen werden, die unterhalb der Hautoberfläche liegen (FRICKER, 1984).

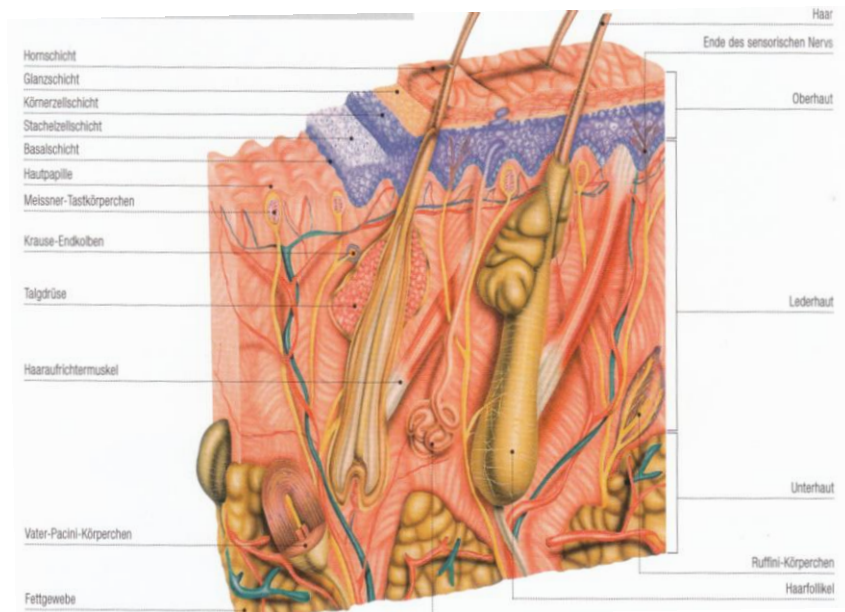


Abb. 10: Schnitt durch die Haut (Anatomie Atlas, 2008)

Die Hand ist eines unserer empfindlichsten Sinnessorgane, denn sie hat 600.000 Punkte auf ihrer Oberfläche, die auf Druckreiz ansprechen.

Weiters verfügen wir auch über ca. 400 Schweißdrüsen/cm², die auf den Kämme der Fingerleisten sitzen.

Damit werden dem Menschen ein besseres Greifvermögen, das Erkennen von kleinen Gegenständen und das Ergreifen von glatten Oberflächen ermöglicht.

Die etwa 10.000 freien Nervenendigungen an den Fingerspitzen und Handflächen leiten die empfangenen Informationen ans Gehirn weiter.

Der Tastsinn ist definiert durch die Konsistenz, die Struktur und die Textur.

(Biologie-Anatomie-Physiologie, 2003).

4.3.1 Der Schmerzsin

Der Trigemini

nerv (5. Hirnnerv) ist für das Schmerzempfinden im Gesichtsbereich verantwortlich. Dieser Nerv durchzieht die ganze Gesichtsregion von Augen, Nase und Mundhöhle (PHYSIOLOGIE, 2005).

Den Namen hat der Trigeminusnerv von der Teilung in drei Hauptäste:

- Augenast (*Nervus ophthalmicus*)
- Oberkieferast (*Nervus maxillaris*)
- Unterkieferast (*Nervus mandibularis*)

Der Trigeminusnerv spricht auf chemische Substanzen an, die als irritierend empfunden werden.

Die Schmerzrezeptoren (*Nozizeptoren*) reagieren auf mechanische, thermische und chemische Reize.

Als irritierend werden das Prickeln von CO₂, das Stechen von Ammoniak, das scharfe Brennen von Pfeffer und Chili und die Schärfe von Alkohol empfunden.

Durch zum Beispiel lipophile Scharfstoffe von Chili werden die freien Nervenendigungen des Trigeminusnerv in den Schleimhäuten des Mundes gereizt, was zu Wahrnehmungen wie scharf, brennend oder prickelnd führt.

(PHYSIOLOGIE, 2005).

4.3.2 Der Temperatursinn

Im Bereich der Lippen, der Zunge, des harten Gaumens und des Zahnfleisches liegen Sinneszellen, die temperaturempfindlich sind.

Ebenso reagiert der gesamte Gesichtsbereich empfindlich auf Kälte und Wärme.

Die maximale Empfindlichkeit für den bitteren Geschmack liegt bei 10 °C, die für Saccharose liegt bei 35 – 50 °C.

Das Empfinden der Grundgeschmacksarten ist bei verschiedenen Temperaturen unterschiedlich.

Das Geruchsempfinden ist bei höheren Temperaturen stärker (PHYSIOLOGIE, 2005).

5. Geruchs- und Geschmacksstörungen

Die Bewertung von Patienten mit Geruchsstörungen bezieht eine genaue medizinische Entwicklung ein, mit einer besonderen Beachtung des Vorfalls, der schuld am Geruchsverlust sein könnte, wie zum Beispiel eine Infektion der oberen Atemwege oder eine traumatische Verletzung.

Viele Patienten mit einem Geruchsverlust berichten auch von einem Verlust des Geschmackssinns. Erkrankte tendieren oft zu Übertreibungen, was den Geschmack angeht, da sie nicht genau zwischen Geschmack und Flavor unterscheiden können.

Direkte Fragen an den Patienten über die vier Geschmacksqualitäten (salzig, sauer, süß und bitter) sind ein deutliches Anzeichen für Geschmacksstörungen (DUNCAN und SMITH, 1995).

5.1 Störungen des Geruchssinns

5.1.1 Quantitative Störungen

Anosmie:

Darunter versteht man die Unfähigkeit überhaupt irgendeine Duftempfindung zu erkennen. Bei der partiellen Anosmie können nur manche Duftklassen nicht wahrgenommen werden (MATTES, 1995; HATT, 2007).

Hyposmie:

Die Hyposmie beschreibt eine herabgesetzte Empfindung für manche oder alle Duftstoffe. Auch hier spricht man von einer partiellen Hyposmie, wenn nicht alle Duftklassen betroffen sind (MATTES, 1995; BIRBAUMER und SCHMIDT, 2006).

Hyperosmie:

Die Hyperosmie kennzeichnet eine gesteigerte Sensibilität gegenüber manchen oder allen Duftstoffen (BIRBAUMER und SCHMIDT, 2006).

5.1.2 Qualitative Störungen (Dysosmien)

Bei einer **Dysosmie** handelt es sich um eine gestörte Wahrnehmung von Duftstoffen. Hier gibt es verschiedene Möglichkeiten:

Parosmie:

Die Parosmie beschreibt eine falsche Duftwahrnehmung, indem zum Beispiel der Duft einer Rose als Zwiebelgeruch wahrgenommen wird (PSCHYREMBEL, 1998).

Phantosmie:

Die Phantosmie kennzeichnet die Wahrnehmung von Gerüchen, obwohl keine Duftquelle vorhanden ist (STEINBACH, 2008).

5.2 Störungen des Geschmackssinns

5.2.1 Quantitative Störungen

Ageusie:

Eine Ageusie liegt vor, wenn es keine Geschmacksempfindungen gibt. Bei einer partiellen Ageusie können nur manche Geschmacksqualitäten nicht empfunden werden (HATT, 2007).

Hypogeusie:

Die Hypogeusie kennzeichnet eine verminderte Empfindlichkeit gegenüber Geschmacksqualitäten (MATTES, 1995).

Hypergeusie:

Bei der Hypergeusie handelt es sich um eine verstärkte Geschmackswahrnehmung (Dt. Ges. f. HNO-Heilkunde, 2007).

5.2.2 Qualitative Störungen (Dysgeusien)

Parageusie:

Die Parageusie beschreibt eine verfälschte Geschmacksempfindung durch die Veränderung einer oder mehrerer Geschmacksqualitäten. Um Kakogeusie handelt es sich, wenn der Geschmack subjektiv als übel empfunden wird (PSCHYREMBEL, 1996).

Phantogeusie:

Eine Phantogeusie liegt vor, wenn Schmeckeindrücke ohne das Vorhandensein einer Reizquelle wahrgenommen werden (Dt. Ges. f. HNO-Heilkunde, 2007).

6. Gründe für Geruchs- und Geschmacksstörungen

Es ist wichtig, dass man Geruchsdefizite einer dazugehörigen anatomischen und krankhaften Änderung zuordnen kann. Doch leider kann man durch klinische Tests die unterschiedlichen Gründe für das Abnehmen des Geruchssinnes nicht immer lokalisieren.

6.1 Periphere Gründe für Geruchsstörungen

Unter peripheren Gründen versteht man Ursachen, die das periphere Nervensystem betreffen.

Krankheiten des Sinunasal-Traktes sind häufig die Ursache für Riechstörungen. Die Krankheitsursache für Riechdefizite bei Patienten mit Nasenhöhlen- und Nasennebenhöhlenerkrankungen sind sehr oft verlegte Atemwege. Auch Verletzungen der oberen Nasenhöhle und/oder der Siebplattenregion können direkt das Reichepithel und die Reichneuronen schädigen. Die häufigsten peripheren Gründe für Riechstörungen beinhalten Infektionen, Tumore, allergische Rhinitis, angeborene und entwickelte Missbildungen (CHENG LI et al, 1995).

6.1.1 Sinunasale Infektionskrankheiten

Bei der sinunasalen oder konduktiv-respiratorischen Riechstörung kann das olfaktorische Neuroepithel keine Informationen weiterleiten. Es kann die Funktion des Epithels durch eine Entzündung gestört sein oder der Duftstoff kann das Epithel und somit die Rezeptorzellen nicht erreichen. 50 % der Riechstörungen werden durch Entzündungen der Nase und der Nasennebenhöhlen verursacht (STEINBACH et al, 2008). Eine schnelle Diagnose und eine rasche Behandlung sind wichtig, um die Riechstörung zu heilen. Veränderungen der Luftzufuhr in der Nase und Behinderungen des Luftstroms durch Sekrete, Polypen und Zysten können zur Riech-Dysfunktion beitragen.

Bei der Diagnose und Beurteilung von Nasennebenhöhlenentzündungen spielt eine medizinische Untersuchung eine wichtige Rolle. Eine CT mit hoher Auflösung ist die bevorzugte Untersuchungstechnik bei endoskopischen Untersuchungen der Nase. Ebenso ist eine CT eine gute Möglichkeit bei der Bewertung von Missbildungen der Knochen, wie Ostitis. Auch die MRT ist hochsensibel bei Verdickungen der Mucosa und bei anderen Gewebsmissbildungen.

6.1.2 Tumore der Nasenhöhle und Nasennebenhöhle

Tumore des Sinunasal-Traktes sind ungewöhnlich. Bösartige Tumore der Nasenhöhle und Nasennebenhöhle machen nur 0,2-0,8 % aller bösartigen Tumore bei Menschen aus. Erste Symptome für diese Tumore, wie Ausfluss aus der Nase, einseitige Behinderung des Luftstromes und zeitweises Nasenbluten, täuschen oft eine unschwerfliche chronische Infektion vor. Diese Tumore treten in der oberen Nasenhöhle auf und breiten sich in der Siebplatte oder im Siebbein aus. Begleitsymptome können frontale Kopfschmerzen, visuelle Beeinträchtigungen und herabgesetztes Geruchsempfinden sein. Alle Tumore des Sinunasal-Traktes, die sehr groß werden verursachen eine Abnahme der Riechschärfe und zerstören die Riechrezeptoren. Hyposmie oder Anosmie sind dadurch oft die Folge (CHENG LI et al, 1995).

6.1.3 Allergische Rhinitis

Allergische Rhinitis ist eine häufige Erkrankung der oberen Atemwege. Hyposmie und Anosmie kommen oft in Verbindung mit dieser Erkrankung vor, weil der Luftstrom in der Nase behindert wird durch Polypen und eine entzündete Mucosa. Die Diagnostik beginnt mit einer sorgfältigen Anamnese über mögliche Allergien. Hauttests werden oft gemacht, um die Diagnose zu bestätigen. CT und MRT spielen bei der Feststellung jeglicher Komplikationen, wie Sinusitis und Polypen bei Patienten mit allergischer Rhinitis eine wichtige Rolle.

6.1.4 Angeborene und im Laufe der Zeit erworbene Missbildungen

Der Geruchssinn ist bei Patienten mit kraniofacialen Anomalien weniger ausgeprägt als normal. Diese Missbildungen umfassen zum Beispiel die Gaumenspalte, Gesichtshypoplasie und neuroepitheliale Hirntumore. Speziell die hoch auflösende CT spielt eine Schlüsselrolle bei der Erkennung und Bewertung der Gesichts- und Knochenveränderungen. Auch für chirurgische Korrekturen ist die CT sehr hilfreich, weil sie Klarheit über die Missbildungen der Knochen schafft. MRT ist sehr effektiv bei der Erkennung von Gewebsmassen, wie neuroepitheliale Hirntumore.

6.1.5 Drogen

Die intranasale Aufnahme von Kokain und Heroin kann zu Hyposmie und Anosmie bei Abhängigen führen. Meist leiden diese Menschen auch an Schäden des Riechepithels, des zentralen Riechsystems und an Behinderungen des Luftstroms in der Nase, wodurch nicht eindeutig geklärt ist, ob die Funktionsstörungen ausschließlich vom Drogenmissbrauch verursacht werden. CT und MRT werden hier effektiv zur Erstellung einer Diagnose eingesetzt (CHENG LI et al, 1995).

6.2 Zentrale Gründe für Geruchs- und Geschmacksstörungen

Dabei handelt es sich um Störungen, die das zentrale Nervensystem betreffen. Viele Störungen des Zentralnervensystems werden in Verbindung mit Riechsinnesstörungen gebracht. Die häufigsten Ursachen sind degenerative neuropsychiatrische Erkrankungen, erbliche Störungen, Traumata und Tumore (CHENG LI et al, 1995).

6.2.1 Alzheimer und Demenzerkrankungen

Alzheimer ist der häufigste Grund für Demenzerkrankungen. Die Krankheit kann bei Menschen im Alter von 40 Jahren auftreten, doch meist tritt sie im höheren Alter auf. So leiden 10 % aller 65-jährigen und 35 % der über 85-jährigen an Alzheimer. Die Erkrankung ist fortschreitend. Im ersten Stadium wird Alzheimer durch eine Abnahme des Erinnerungsvermögens gekennzeichnet. Im Zwischenstadium kommt es zu Verwirrtheit, Reizbarkeit, Angst und Verlust der Sprache. Im fortgeschrittenen Stadium tritt der komplette Verfall ein, sodass einfache Reaktionen, wie schlucken und die Kontrolle über die Harnblase, sehr schwer zu bewältigen sind. Am Ende tritt dann der Tod ein (PINEL, 2009).

Alzheimer und Demenzerkrankungen bei denen der pyriforme und der temporale Cortex (Amygdala) betroffen sind, führen zu einem verminderten Geruchsvermögen. Am meisten sind Alzheimer Patienten betroffen. Schon sehr früh im Krankheitsverlauf macht sich der Geruchsverlust bemerkbar, der sich sowohl bei Diskriminationstests als auch bei Identifikationstests zeigt. Patienten, die an semantischer Demenz leiden, haben eine höhere Identifikationsschwelle. Unter einer milderen Form des Geruchsverlustes leiden Menschen mit frontotemporaler Demenz und corticobasaler Degeneration (LUZZI et al, 2007).

Auch der Geschmackssinn ist vermindert. Die Stärke des Verlustes korreliert mit der Stärke der kognitiven Veränderung. Beim Geschmackssinn ist zwischen Alzheimer Patienten und anderen Demenzerkrankungen kein Unterschied zu erkennen (LANG et al, 2006).

6.2.2 Parkinson

Parkinson ist eine Bewegungsstörung von mittelalten bis alten Menschen und betrifft ungefähr 0,5 % der Bevölkerung. Die Prävalenz zu erkranken ist bei Männern 2,5 Mal höher als bei Frauen. Das häufigste Symptom der voll ausgebildeten Erkrankung ist Zittern, das während der Inaktivität deutlich wird, nicht aber während einer willkürlichen Bewegung oder im Schlaf. Schmerz und Depressionen treten auf, bevor sich motorische Fähigkeiten verabschieden. Parkinson Patienten sind denkende Menschen gefangen in einem Körper, der nicht kontrollierbar ist.

Parkinson hat nicht nur eine einzelne Ursache. Fehlerhafte Gene, Infektionen des Gehirns, Schlaganfälle, Tumore, Schädeltraumen und Neurotoxine werden in speziellen Fällen in Verbindung mit dieser Erkrankung gebracht (PINEL, 2009).

Bei Parkinson Patienten kann der Geruchsverlust als signifikanter Marker der Krankheit gesehen werden. Das unwillkürliche Zittern bei Parkinson Erkrankten kommt ist nicht so häufig als der Verlust des Riechvermögens. Über 95 % der Parkinson Patienten haben eine verminderte Geruchswahrnehmung (HAEHNER et al, 2009).

Nur etwa 25 % der Patienten leiden an einem verminderten Geschmackssinn. Als diagnostischer Parameter kann der Verlust des Geschmacksvermögens also nicht heran gezogen werden (SHAH et al, 2009).

6.2.3 Schizophrenie

Speziell bei Männern, die an Schizophrenie erkrankten, wurde eine verminderte Riechfunktion festgestellt. Bei Schizophrenie Patienten treten die Reichtörungen sehr häufig in Form von Halluzinationen auf, was auf eine Störung des temporalen Lappens und des präfrontalen Kortex zurückzuführen ist. Untersuchungen, wie PET oder SPECT sind bei Schizophrenie begrenzt und oft ergebnislos. Mittels CT und MRT wurde bei Patienten mit dieser Erkrankung eine Vergrößerung des cerebralen Ventrikularsystems festgestellt. Anatomische Untersuchungen haben ergeben, dass es neuropathologische Veränderungen im Gehirn von Schizophrenie Patienten gibt.

6.2.4 Schädeltraumen

Bei 14-27 % der Kopftraumata kommt es zu einer Riechstörung. Infolge eines Sturzes kann es zu einer Mittelgesichts- oder Schädelbasisfraktur und somit zu einer direkten Verletzung des Riechepithels kommen. Dadurch kann die Nasenatmung durch ein Hämatom, ein Ödem, Vernarbungen oder Frakturfragmente behindert werden (STEINBACH et al, 2008).

Schädel-Hirntraumen sind eine der Hauptursachen für Schmeckstörungen. Verletzungen im Bereich des zentralen Nervensystems können die Verarbeitung von Schmeckreizen verhindern. Durch Brüche kann es auch zu einer Verletzung des *Nervus facialis* kommen (KNECHT et al, 1999).

Anosmie und Hyposmie sind häufige Folgeerkrankungen von Frakturen im mittleren Bereich des Gesichtes bei denen die Riechnerven in Höhe des Siebbeines getrennt werden. Die CT ist die beste Methode zur Feststellung und Bewertung dieser Frakturen (CHENG LI et al, 1995).

6.2.5 „Burning mouth syndrom“

Dabei kommt es zu einem Brennen der Zunge und der Lippen, wobei oft saure Nahrungsmittel den Schmerz auslösen. Die Patienten klagen über einen metallischen Geschmack im Mund und leiden unter Dysgeusie. Es kann auch zu einem Verlust des Geschmackssinns kommen. Davon sind oft Frauen nach der Menopause betroffen. Allerdings sind die Ursachen unbekannt, vermutet wird jedoch ein neuropatischer Ursprung (SUAREZ und CLARK, 2006).

6.2.6 Krebs

Im Allgemeinen verursachen Tumore des Riechkolbens, des gesamten Riechtraktes oder des präfrontalen Lappens Riechstörungen. Tumore des temporären Lappens verursachen Riechhalluzinationen (CHENG LI et al, 1995).

Tumorzellen sondern aminosäureähnliche Substanzen ab, welche die Geschmackszellen beeinflussen und zu Veränderungen des Geschmacksempfindens führen. Manchmal beklagen die Patienten einen

metallischen Nachgeschmack. Die Empfindung für Süß kann erhöht oder vermindert sein. Auch eine entwickelte Intoleranz gegenüber Bitter ist bekannt (RAVASCO, 2005).

6.2.7 Angeborene Anosmie

Die häufigste Form der angeborenen Anosmie ist das *Kallmann Syndrom*, eine Fehlbildung des Riechsystems. Die Häufigkeit, dass Männer an diesem Syndrom erkranken liegt bei 1:100 000 und bei Frauen 1: 50 000. Studien haben ergeben, dass Patienten mit *Kallmann Syndrom* an einer *Agenesie* (angeborenes völliges Fehlen eines Körperteils oder Organs) des Riechkolbens leiden. Auch haben diese Erkrankten einen verminderten Serumspiegel des folikelstimulierenden Hormons und einen herabgesetzten Gonadotropin-Gehalt.

Die CT, bei Patienten mit einer angeborenen Anosmie, ist eine begrenzte Untersuchungsmöglichkeit, um sinunasale und intrakraniale Missbildungen festzustellen. Die MRT ist das optimale Werkzeug, um die Komplexität des Riechkolbens, des Riechtraktes in vivo zu zeigen.

6.2.8 Aids (erworbene Immunabwehrschwäche)

Die histopathologischen Missbildungen im Gehirn der Aids Patienten befinden sich in den subcorticalen Strukturen, vorwiegend in der weißen Gehirnsubstanz. Studien fanden heraus, dass die Dichte der Neuronen im frontalen Kortex bei Aids Patienten signifikant niedriger war als bei der Kontrollgruppe. Das muss für die Riechstörungen bei diesen Erkrankten verantwortlich sein. Neben Zentralnervensystemveränderungen leiden Aids Patienten häufig an Sinusitis, was hier sehr schlimm ausfällt (CHENG LI et al, 1995).

6.2.9 Weitere Gründe

Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus, Leber- und Nierenerkrankungen sowie Hypo- und Hyperthyreoidismus können das Riech- und Schmeckvermögen verringern (KNECHT et al, 1999).

Bluthochdruck und kardiovaskuläre Probleme haben wahrscheinlich keinen Einfluss auf Störungen des Geruchs- und Geschmackssinns (STEINBACH et al, 2008).

Die Pathogenese von Riechstörungen bei Depressionen und Multipler Sklerose ist noch nicht geklärt (CHENG LI et al, 1995).

6.3 Medikamente

Sehr oft beeinflussen die Medikamente, die zur Behandlung von bestimmten Erkrankungen eingenommen werden den Geruchs- und Geschmackssinn und nicht die Krankheit an sich (SANDERS et al, 2002).

Der Geschmackssinn ist besonders stark betroffen, da die Medikamente einen Einfluss auf die Geschmacksrezeptoren, die chemosensorische Signalübertragung und die Weiterleitung der Signale bis ins Gehirn haben. Durch Diffusion können Medikamente aus den Blutgefäßen der Zunge oder über den Speichel in die Mundhöhle gelangen und so Geschmacksempfindungen verändern oder den Eigengeschmack verstärken. Sehr oft wird über einen sauren, bitteren oder metallischen Geschmack berichtet (SCHIFFMAN und ZERVAKIS, 2002). Die Speichelproduktion wird durch Medikamente häufig vermindert, was zu einem verminderten Geschmacksempfinden führt (SHIP, 1999). Die häufigsten Ursachen für Schmeckstörungen stellen Medikamente dar (KNECHT et al, 1999).

Dagegen werden Riechstörungen nicht sehr oft durch Medikamente verursacht. Die Störung geschieht dann durch Veränderungen des Nasenschleims (STEINBACH et al, 2008). In diesem Zusammenhang werden Hyposmie, Anosmie und Parosmie beobachtet (SCHIFFMAN und ZERVAKIS, 2002).

6.4 Medizinische Eingriffe

6.4.1 Chemotherapie und Strahlenbehandlung

Der Geruchs- und Geschmackssinn werden stark durch die Chemotherapie und die Strahlenbehandlung und nicht vom Krebs selbst beeinträchtigt. Geruchs- und

Geschmackssinneszellen sind Zellen mit einer schnellen Zellerneuerung und haben somit nur eine Lebensspanne von 10 bzw. 30 Tagen. Bei der Chemotherapie wird nicht nur die schnelle Zellproliferation der Tumorzellen, sondern auch die der Geruchs- und Geschmackssinneszellen zerstört. Das verursacht dann Hypogeusie und Ageusie oder Dysgeusie. Diese Störungen können von wenigen Stunden bis zu einigen Wochen reichen. Eine Strahlentherapie, die direkt auf den Kopf und Nackenbereich wirkt, kann Zellen der Zunge, Mikrovilli und Geschmacksknospen, sowie deren innervierende Nerven zerstören. Danach kommt es oft zu Problemen beim Kauen und Lösen der Geschmacksstoffe im Mund, weil die Speichelproduktion stark vermindert ist. Die Veränderungen können sehr schwach sein oder es kommt zum völligen Verlust von Geruchs- und Geschmackssinn. Zwei bis vier Monate nach der Strahlentherapie kommt der Geschmackssinn wieder zurück (RAVASCO, 2005).

6.4.2 Mikrochirurgie im Rachenraum

2-4 mm entfernt vom unteren Teil der Gaumenmandel liegt der *Nervus glossopharyngeus*, der die Zunge versorgt. Bei der Entfernung der Mandeln kann es zur Verletzung oder Durchtrennung dieses Nervs kommen und so einen Geschmacksverlust hervorrufen. Aber auch ein zu hoher Druck der chirurgischen Instrumente auf die Zunge oder ein prä- oder postoperativer Zinkmangel in Zusammenhang mit der Mandeloperation können zu einem Geschmacksverlust führen. Der dabei entstandene Verlust des Geschmackssinns ist eher selten und die Aussichten auf eine Heilung der Schmeckstörung sind gut (TOMITA und OHTUKA, 2002).

Bei der Entfernung von Kehlkopf-Polypen und kleinen Tumoren im Rachenraum kann ein zu hoher Druck der chirurgischen Instrumente auf die Zunge zu einer Verringerung des Geschmackssinns führen (TOMOFUJI et al, 2005).

6.4.3 Mittelohroperationen

Bei einer Mittelohroperation kann es zur Beschädigung oder Durchtrennung der *Chorda tympani* kommen, das zu einem Geschmacksverlust des

gegenüberliegenden vorderen Zungenteils führt. Das Geschmacksvermögen ist oft nicht ganz vermindert, da die restlichen Geschmackssinneszellen den Verlust ausgleichen. Die Schmeckstörung wird von den Patienten meist nicht wahrgenommen (JUST et al, 2003).

6.4.4 Schädelbasischirurgie

Eine Anosmie wird durch das Freilegen der unteren Schädelbasis, wofür das Anheben des *Bulbus olfactorius* von der Siebplatte erforderlich ist, verursacht. Das gegenüberliegende olfaktorische Nervenbündel und somit der Geruchssinn können nur bei einer einseitigen Erkrankung gerettet werden (BROWNE und MIMS, 2000).

7. Medizinische Methoden zur Untersuchung der olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit

Die relevanten Untersuchungsmethoden, die bei der Bewertung der allgemeinen Gründe von Verlusten des Geruchssinnes hilfreich sind, werden in diesem Kapitel, wie folgt, besprochen.

7.1 Übersichtsröntgenaufnahmen

Die Übersichtsröntgenaufnahme war lange Zeit eine Standardmethode bei der Diagnose von nasalen Entzündungen und Krankheiten im Bereich der Nasennebenhöhle. Auch ein erfahrener Radiologe, der sehr sorgfältig arbeitet, stößt bei diesen Röntgenaufnahmen auf Grenzen. Fehldiagnosen bei Erkrankungen der Nasennebenhöhle sind keine Seltenheit. Daher sollten die Übersichtsröntgenaufnahmen bei der Untersuchungsbewertung von Funktionsstörungen des Geruchssinns eher eine untergeordnete Rolle spielen (CHENG LI et al, 1995).

7.2 Klassische Tomographie

Die Tomographie ist ein röntgenologisches Schichtaufnahmeverfahren, zum Beispiel zur besseren Darstellung und Lokalisierung von Krankheitsherden im Körper (DUDEN, 2011).

Die klassische Tomographie ist manchmal im Stande, verwirrende Details zu eliminieren. Der größte Nachteil dieser Untersuchungsmethode im Vergleich zur Computertomographie (CT) und/oder Magnetresonanztomographie (MRT) ist die Einschränkung in Bezug auf die Auflösung und Differenzierung bei Geweben. Dadurch gehen wichtige anatomische Details verloren. Die klassische Tomographie ist somit nicht mehr sehr zeitgemäß (CHENG LI et al, 1995).

7.3 Computertomographie

Bei der Computertomographie (CT) handelt es sich um eine Röntgenuntersuchungstechnik, bei der aus den von einem Computer aufbereiteten Messergebnissen ein Dichteverteilungsgrad der untersuchten Schichten rekonstruiert wird (DUDEN, 2011).

Die Computertomographie ist gut geeignet für Untersuchungen der Nasenhöhle, weil sie sowohl für Gewebeerkrankungen als auch für Veränderungen, die die Knochen betreffen, sehr empfindlich ist. Auch das Gehirn sollte in die Untersuchungen miteinbezogen werden, wenn zentrale Gründe für die Geruchssinnesstörung vermutet werden. Zur Identifikation von Gefäßverletzungen, Tumoren und Abszesshöhlen werden Infusionen verabreicht, um die Kontraste bei der CT-Aufzeichnung zu steigern. Eine hoch auflösende CT ist das meist verwendete und kosteneffektivste Gerät zur Beurteilung von entzündlichen Krankheiten der Nasenhöhle (CHENG LI et al, 1995).

7.4 Magnetresonanztomographie

Mit der MRT kann man Schnittbilder des menschlichen (oder tierischen) Körpers erzeugen, die eine Beurteilung der Organe und vieler krankhafter Organveränderungen erlauben. Die Magnetresonanztomographie basiert auf

sehr starken Magnetfeldern elektromagnetischen Wechselfeldern im Radiofrequenzbereich mit denen bestimmte Atomkerne im Körper resonant angeregt werden, die dann im Empfängerstromkreis elektrische Signale induzieren (WIKIPEDIA, 30.08.2011).

Eine Magnetresonanztomographie (MRT) ist vorteilhaft für die Beurteilung von Tumoren des Sinunasal-Traktes und für Erkrankungen des Gehirns. Weniger sensibel ist die MRT für den Nachweis knöchernen Gehirnmisbildungen. Die Unterscheidung von Geweben ist bei der MRT klarer erklärt als bei der CT.

Was das Geruchssystem betrifft, spielen CT und MRT eine ergänzende Rolle bei der Beurteilung von sinusalen Tumoren. Um jedoch Geruchssinnesfunktionsstörungen bezüglich Riechkolben und des Schädellinneren zu bewerten, eignet sich die MRT am besten (CHENG LI et al, 1995).

7.5 Nuklearmedizin

Die Radionuklid Untersuchung (ein Radionuklid ist ein künstlich oder natürlich radioaktives Nuklid, dessen Atomkerne nicht nur gleiche Kernladungs- und Massenzahl haben, sondern sich auch, im Unterschied zu Isomeren, im gleichen Energiezustand befinden und daher in der gleichen Weise radioaktiv zerfallen (DUDEN, 2011)) spielt eine signifikante Rolle bei der Diagnostik von Patienten mit Verdacht auf Erkrankungen des Sinunasal-Traktes. Die „Positron Emission Tomographie“ (PET) und die „Single Photon Emission Computertomographie“ (SPECT) sind nützlich bei der Aufzeichnung von Veränderungen der regionalen Gehirnfunktionen. Funktionelle Untersuchungen sind viel sensibler als anatomische Untersuchungen um Misbildungen des Gehirns mit verwandten Störungen wie Alzheimer und Parkinson aufzuzeichnen. Die Bedingung ist, dass sie mit einem Geruchsverlust assoziiert werden (CHENG LI et al, 1995).

7.6 Angiographie

Angiographie bedeutet die röntgenologische Darstellung von Blutgefäßen mit Hilfe injizierter Kontrastmittel (DUDEN, 2011).

Seit der Einführung von CT und MRT verlor der Einsatz der Angiographie an Bedeutung. Zurzeit beschränkt sich die Verwendung der Angiographie auf die Veranschaulichung von Aneurismen, arteriovenöse Fehlbildungen, wiederkehrendes Nasenbluten und Gefäßtumore im Kopf- und Nackenbereich.

7.7 Volumetrische Untersuchung des Bulbus olfactorius

Der *Bulbus olfactorius* ist die Verbindungsstelle zwischen peripherem olfaktorischem System und den zentralen Hirnstrukturen. Weiters spielt er eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung von Gerüchen. Mittels einer Magnetresonanztomographie kann das Volumen des *Bulbus olfactorius* dargestellt werden. Auf Grundlage dessen kann auf die Funktionstüchtigkeit des Riechsystems geschlossen werden (HUMMEL et al, 2007).

7.8 Biopsien

Biopsien sind aufschlussreich in Hinblick auf die peripheren Ursachen von Riechstörungen. Dafür wird Schleimhaut aus dem Riechepithel entnommen und untersucht (HUMMEL et al, 2007).

8. Sensorische Methoden zur Untersuchung der olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit

8.1 Messungen des Riechvermögens (Olfaktometrie)

8.1.1 Psychophysische Untersuchung

Sniffin'-Sticks

Seit 1995 sind die von Kobal und Hummel entwickelten Sniffin'-Sticks im Handel zu bekommen. Die Firma Burghart Medizintechnik ist hier ein guter

Ansprechpartner (WOLFENSBERGER und SCHNIEPER, 1999; www.burghart.net, 2010).

Sniffin'-Sticks sind mit Duftstoffen befüllte Stiftkörper. Die Kappe der Stiftspitze wird beim Testen geöffnet und der Patient kann daran riechen. Für die Diagnostik von Riechstörungen sind diese Stifte ein Standard-Testverfahren (HUMMEL et al; 2007; www.burghart.net, 2010).

Bei diesen Sniffin'-Sticks werden zwei verschiedene Testmöglichkeiten unterschieden:

1) Der Screening 12 Test:

Der Screening 12 Test, der mit 12 verschiedenen Alltagsgerüchen bestückt ist, ist ein Identifikationstest (Abbildung 11). Damit kann grob unterschieden werden, ob ein Patient ein normales oder ein vermindertes Riechvermögen aufweist. Allerdings kann nur eine Anosmie oder eine Hyposmie diagnostiziert werden

Mit Hilfe einer Auswahlkarte gibt der Patient die Gerüche an. Zu jedem Stick stehen vier Begriffe zur Wahl, von denen aber nur einer richtig ist.

Mit einer Schablone passend zu allen Auswertebögen ist die Beurteilung sehr einfach (STEINBACH et al, 2008; www.burghart.net, 2010).



Abb. 11: Sniffin'-Sticks für den Screening 12 Test (Burghart Medizintechnik, 2010)

2) Der „Erweiterte Test“:

Mit dem „Erweiterten Test“ kann eine detaillierte Analyse des Riechvermögens durchgeführt werden.

Dieser Test enthält 3 Module:

a) *Der Schwellentest*

Mit diesem Modul kann die Geruchswahrnehmungsschwelle eines Patienten bestimmt werden. Der Schwellentest besteht aus 48 Riechstiften (32 Blanks und 16 Verdünnungen n-Butanol oder 2-Phenylethanol) (Abbildung 12). Dem Probanden werden Tripletts mit je einem Stift mit n-Butanol in ansteigender Konzentration gegeben. Ziel ist es, dass der Proband zwei Mal hintereinander den nach Butanol riechenden Stick erkennt. Wenn das eintritt, werden die Stifte mit sinkender Konzentration angeboten bis nichts mehr gerochen wird. Danach wird die Konzentration wieder gesteigert. So werden sieben Umkehrpunkte ausfindig gemacht, um daraus die Geruchsschwelle zu errechnen. (HUMMEL et al, 2007; www.burghart.net, 2010).



Abb. 12: Sniffin'-Sticks für den Schwellentest (Burghart Medizintechnik, 2010)

b) *Der Diskriminationstest:*

Der Patient muss hierbei ähnliche Gerüche unterscheiden.

Der Diskriminationstest besteht aus 48 Riechstiften (48 Riechstifte entspricht 16 Riechstoffpaare mit je einen Einzelgeruch) (Abbildung 13). Dieser Test besteht aus 16 Tripletts. Ein Tripletts enthält zwei gleich riechende Stifte und einen unterschiedlich riechenden Stick. Der Proband muss den anders riechenden Stift erkennen (HUMMEL et al, 2007; www.burghart.net, 2010).



Abb. 13: Sniffin'-Sticks für den Diskriminationstest (Burghart Medizintechnik, 2010)

c) Der Identifikationstest:

Der Identifikationstest besteht aus 16 Riechstiften mit Alltagsgerüchen (Abbildung 14), die vom Patienten mit Hilfe einer Auswahlkarte von je vier Begriffen zu benennen sind. Beim diesem Test sollen 16 Gerüche mittels Multiple-Choice unterschieden werden (HUMMEL et al, 2007; www.burghart.net, 2010).



Abb. 14: Sniffin'-Sticks für den Identifikationstest (Burghart Medizintechnik, 2010)

Der ermittelte SDI-Wert ist der Summenwert aus den Ergebnissen der drei Einzeltests. Durch diesen Wert kann man zwischen Anosmie, Hyposmie und Normosmie unterscheiden (HUMMEL et al, 2007).

Die richtige Verwendung der Sniffin'-Sticks (Riechstifte)

Die Riechstifte sind wie Filzstifte aufgebaut, die mit Duftstoffen befüllt sind.

Der Duftstoff wird beim Öffnen der Kappe freigesetzt.

Der Stift sollte nur zur Reizung geöffnet werden, da sonst zu viel Duftstoff austritt, was wiederum zur

- Gewöhnung des Patienten an Duftstoffe,
- Geruchsbelastung des Raumes und zur
- geringeren Lebensdauer des Stiftes führen kann.

Beim Testen selbst werden dem Patienten die Augen mit einer Schlafbrille verdeckt.

Danach wird er/sie zum Riechen aufgefordert, wobei der Stift etwa 2 cm vor die Nasenlöcher gehalten wird.

Bei der Testung sollten immer geruchlose Handschuhe getragen werden.

Auch sollte der Test in einem gut belüfteten, geruchsneutralen Raum durchgeführt werden.

Die Messung darf nicht gestört werden.

Wichtig ist auch, dass der Patient während der Messung und 15 Minuten vorher nur Wasser getrunken hat.

In der Zeit darf der Patient weder essen oder rauchen, noch Bonbons lutschen oder Kaugummi kauen.

Der Riechstifte-Test besteht aus 3 Teilen: (www.burghart.net)

- Schwellentestung für Butanol
- Diskrimination von Gerüchen
- Identifikation von Gerüchen

Durchgeführt wird der Test in der Reihenfolge
Schwelle – Diskrimination – Identifikation.

Zwischen den 3 Teilen des Tests müssen Pausen von ca. 3 – 5 Minuten eingehalten werden.

a) Riechschwelle für Butanol

Die Stifte sind mit roten Zahlen von 1 – 16 beschriftet. Die Stifte mit der roten Kappe und der roten Schrift enthalten die Duftstoffe, die der Patient erkennen soll. Ihm werden jeweils 3 Stifte mit der gleichen Zahl angeboten. Zwei dieser Stifte enthalten Lösungsmittel, einer enthält Butanol in einer bestimmten Verdünnung.

Die Duftstoffe werden wieder mit dem Wort „Achtung“ angekündigt. Die Reihenfolge, in der die Stifte dargeboten werden, variiert von Triplet zu Triplet

Beim ersten Mal werden die Triplets in der Reihenfolge RotGrünBlau angeboten, dann in der Reihenfolge BlauRotGrün, dann GrünBlauRot, und dann wieder RotGrünBlau usw.

Die Stifetriples werden im Abstand von etwa 30 Sekunden angeboten. Eine Uhr ist bei der Einhaltung der Intervalle hilfreich.

Der Stift mit der roten Kappe und der roten Nummer 16 enthält die geringste Konzentration Butanol, der rote Stift mit der roten Nummer 1 die höchste Konzentration.

Vor Beginn der Schwellenmessung, werden die Patienten mit dem Geruch

von Butanol anhand des Stiftes mit der Nummer 1, vertraut gemacht.

Sie werden darauf hingewiesen, dass ihnen dieser Duftstoff in geringen Konzentrationen, zusammen mit 2 anderen Stiften angeboten wird. Das geschieht mit den Worten „Ihre Aufgabe ist es, aus je 3 Stiften den Stift herauszufinden, der anders als die beiden anderen Stifte riecht“.

Die Patienten tragen während der Messung eine Schlafbrille o.ä.

Vor Beginn des Tests werden dem Patienten Triplets in Verdünnungen 16, 14, 12 usw. beziehungsweise 15, 13, 11 usw. angeboten, bis der Patient Butanol zweimal hintereinander bei der gleichen Verdünnungsstufe erkannt hat. Dieser Punkt gilt als Startpunkt der Schwellentestung.

Dabei gilt grundsätzlich, dass ein Duftstoff bei einer bestimmten Verdünnung nur dann zweimal angeboten wird, wenn er beim ersten Mal vom Patienten erkannt worden ist. Das heißt, wird eine bestimmte Verdünnungsstufe nicht erkannt, so wechselt der Untersucher gleich zu einer höheren Konzentration.

b) Diskrimination von Gerüchen

Die Stifte sind mit grünen Zahlen von 1 – 16 beschriftet. Die Stifte mit der grünen Kappe und der grünen Schrift enthalten die Duftstoffe, die der Patient erkennen soll. Ihm werden 16 mal hintereinander 3 Stifte mit der gleichen Zahl angeboten. Zwei dieser Stifte enthalten den gleichen Duftstoff, einer riecht anders.

Die Duftstoffe werden wieder mit dem Wort „Achtung“ angekündigt.

Die Reihenfolge, in der die Stifte dargeboten werden, variiert wieder von Triplet zu Triplet im gewohnten Schema RotGrünBlau, BlauRotGrün, GrünBlauRot, RotGrünBlau etc.

c) Identifikation von Gerüchen

Die Stifte sind mit blauen Zahlen von 1 – 16 beschriftet.

Die Patienten wählen von 4 Begriffen denjenigen aus, der am besten auf den Geruch zutrifft.

Diese Auswahl muss auch dann getroffen werden, wenn der Patient meint, nichts gerochen zu haben bzw. nichts riechen zu können.

d) Auswertung

Hat ein Patient eine Schwelle von 1.0 (d.h., wenn er Butanol nicht von den Leerstiften unterscheiden kann), so wird die Summe aus dem Ergebnis in der Diskrimination und der Identifikation gebildet. Ist dieser DI-Wert ≤ 15 , so ist der Patient anosmisch; ansonsten liegt eine Hyposmie vor.

Hat ein Patient eine Schwelle > 1.0 (d.h., wenn er Butanol von den Leerstiften unterscheiden kann), so wird die Summe aus dem Ergebnis in der Schwellentestung, der Diskrimination und der Identifikation gebildet. Ist dieser SDI-Wert > 30 , so ist der Patient normosmisch; ansonsten liegt eine Hyposmie vor (www.burghart.net, 2010).

Züricher Riechtest

Dieser Test ist ein reiner Screening Test. Hier befinden sich die Duftstoffe in Riechdisketten und durch das Auseinander ziehen der beiden Hälften wird der Geruch freigesetzt. Durch den Test kann ein normales von einem verminderten Riechvermögen unterschieden werden. Mit Hilfe eines Multiple-Choice-Verfahrens müssen acht Duftstoffe identifiziert werden und jede Antwort lässt drei Möglichkeiten zu. Werden sieben oder acht Gerüche richtig erkannt, so spricht man von einem intakten Riechvermögen (STEINBACH et al, 2008).

University of Pennsylvania Smell Identification Test

Dieser Test – mit der Kurzbezeichnung UPSIT – ist ein reiner Identifikationstest. Hier werden 40 überschwellige Düfte mikroverkapselt auf Papier aufgetragen und durch Aufritzen freigesetzt. Mittels Multiple-Choice-Verfahren muss der Proband aus vier Möglichkeiten die richtige Antwort ankreuzen. Eine Frau sollte bei einem intakten Reichvermögen 35-40 Gerüche und ein Mann 34-40 Düfte wieder erkennen. CC-SIT (Cross Cultural Smell Identification Test) ist eine Screening Version (mit 12 Düften) dieses Tests. Hierbei kann nicht der Grad des Geruchsverlustes ermittelt werden, sondern lediglich zwischen normalem und vermindertem Reichvermögen unterscheiden (STEINBACH et al, 2008).

Connecticut Chemosensory Clinical Research Center Test

Der Connecticut Chemosensory Clinical Research Center Test setzt sich aus einem Identifikationstest und einem Schwellentest zusammen. Beim Identifikationstest muss der Proband acht bekannte Düfte wiedererkennen, wobei er 16 Gerüche bekommt, aber nur acht entsprechen den Düften im Test. Beim Schwellentest muss der Proband unterschiedliche Konzentrationen von n-Butanol von reinem Lösungsmittel unterscheiden. Schafft das der Proband fünf Mal hintereinander so wird der Wert als Schwellenwert festgelegt (HUMMEL et al, 1997)

8.1.2 Elektrophysiologische Verfahren

Dabei wird das olfaktorisch evozierte Potenzial (EP) mittels Olfaktometer gemessen (Abbildung 15). Die Nase wird einem dauernden, nicht riechenden Luftstrom ausgesetzt, der alle 30-40 Sekunden für 200 ms durch einen Duftstoff ersetzt wird. Die dadurch entstehenden olfaktorisch evozierten Potenziale werden von einem EEG (Elektroenzephalogramm) aufgezeichnet. Auf ein vorhandenes Reichvermögen kann geschlossen werden, wenn ein olfaktorisch evoziertes Potenzial vorhanden ist (HUMMEL et al, 2007; STEINBACH et al, 2008).

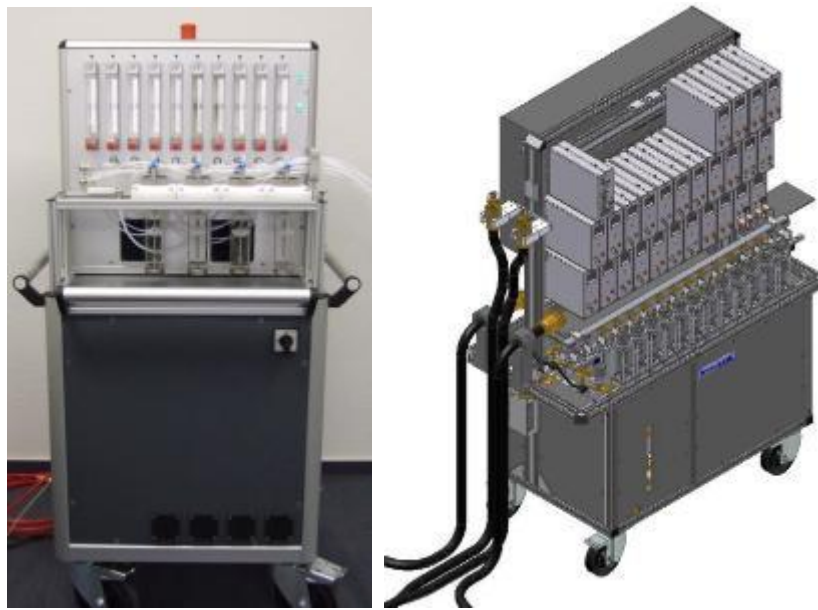


Abb. 15: Experimentier- und Forschungsolfaktometer (Burghart Medizintechnik, 2010)

Die Funktionsweise eines Olfaktometers:

Typische Gase und Flüssigsubstanzen, die in der Olfaktometrie zum Einsatz kommen:

- Riechstoffe (Reizung des *N. olfactorius*):
 - Phenyl-Ethyl Alkohol (PEA) – angenehmer Reiz (künstliche Rose)
 - Schwefelwasserstoff (H₂S) – unangenehmer Reiz (faule Eier)
- Schmerzstoffe (Reizung des *N. trigeminus*):
 - Kohlendioxid – CO₂

Das Prinzip eines Burghart-Olfaktometers unterscheidet sich grundlegend von dem vieler anderer. Es arbeitet nach dem Schaltprinzip von Kobal.

Bei diesem Schaltprinzip werden alle Strömungen zum Schaltstück geleitet: Control (Reinluft), Dilution (Mischluft) und Odorant (angereicherte Luft).

Während des Interstimulus Intervalls (ISI) wird das Gemisch aus Odorant und Dilution über eine Vakuum-Strömung abgesaugt.

Zur Nase des Patienten gelangt nur die Control-Strömung.

Während des Reizes (*Stimulus*) wird die Absaugung des Odorant-Dilution-Gemisches umgeschaltet auf die Control-Strömung, die dann komplett abgesaugt wird.

Da nun das Odorant-Dilution-Gemisch nicht mehr abgesaugt wird, strömt das Gemisch in die Nase des Probanden.

Die Absaugung findet unmittelbar vor der Nase der Versuchsperson statt. Dadurch ist die Schaltzeit zwischen Reiz und Nichtreiz minimal.

Ein großer Vorteil dieses Prinzips ist, dass sich im „Kopf“ des Olfaktometers keine magnetischen Ventile und magnetischen Materialien befinden, die EEG-Aufzeichnungen oder Versuche im Kernspintomographen beeinflussen (www.burghart.net, 2010).

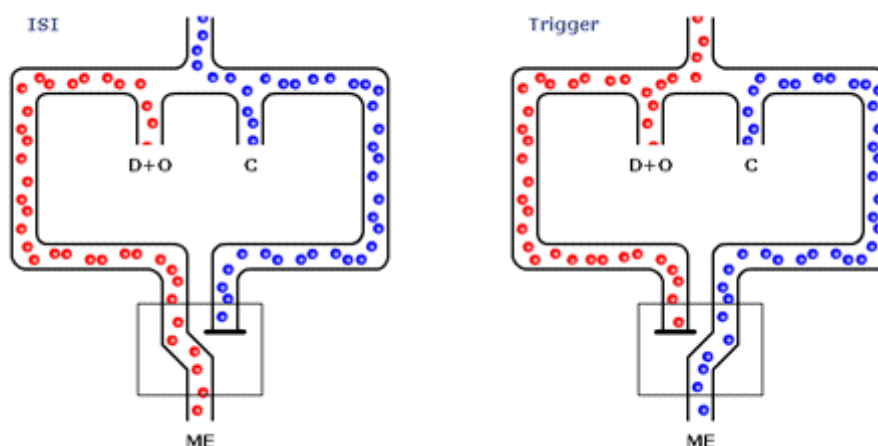


Abb. 16: Funktionsweise eines Olfaktometers (Burghart Medizintechnik, 2010)

1

Die Typen von Olfaktometern:

a) OM2-OM6b

Das OM2-OM6b ist ein modulares Grundsystem nach dem Schaltprinzip von Kobal. Seine Luftströmungen sind wassererwärmt, um eine gleichmäßige Temperatur über längere Strecken zu gewährleisten.

¹ ISI (Interstimulus Intervall), D (Dilution = Mischluft), C (Control = Reinluft), O (Odorant)

Das OM2-OM6b ist geeignet für:

- Ableitung olfaktorisch evozierter Potentiale (OEP) und Elektro-Olfaktogramme (EOG)
- Messung von Riechschwellen
- Erstellung von Gutachten (Anosmie)
- Quantitative Schmerzmessungen (mit CO₂), Tests von Analgetika
- Versuche mit MRI und MEG
- Andere Studien, in denen definierte Geruchs- oder Schmerzreize benötigt werden

Das Olfaktometer lässt sich sowohl manuell als auch mit einem Computer steuern. Es erzeugt einen temperierten, befeuchteten Strom reiner Luft, in den computergesteuert Duftstoffblöcke einstellbarer Konzentration eingespeist werden. Das Verdünnen und Einspeisen der Duftstoffe geschieht direkt vor der Nase des Probanden. Das spezielle Luftschaltprinzip ermöglicht Flanken mit einer Anstiegszeit von einigen 10 ms (abhängig von der Schlauchlänge), ohne gleichzeitig die Mechanorezeptoren des *N. trigeminus* zu erregen.

b) OM2s

Das lufttemperierte OM2s ist eine Weiterentwicklung des wassertemperierten Olfaktometer OM4 bzw. OM6. Es zeichnet sich durch kleinere Bauweise und ein geringeres Gewicht aus.

Das OM2s kann dieselben Funktionen, wie das OM2-OM6 übernehmen.

c) OM i/m

Das OM i/m ist geeignet für:

- Riechexperimente mit subjektiven Antworten (Identifikation, Diskrimination, Riechschwellen)

- Präsentation definierter Duftstoffmischungen und –konzentrationen zur Messung langsamer Veränderungen (Herzfrequenz, Hautwiderstand) bei olfaktorischer Stimulation
- Verhaltens- oder Gedächtnisversuche bei Anwesenheit von Gerüchen
- Andere Studien, in denen reproduzierbare Geruchsreize benötigt werden und die Flankensteilheit eine untergeordnete Rolle spielt

Beim OM i/m wurde bewusst auf eine aufwendige Stimulationstechnik, wie sie für die Ableitung von evozierten Potentialen, Magnetfeldern, Elektroolfaktogrammen und die Gewinnung von aussagestarken funktionellen kernspintographischen Bildern erforderlich ist, verzichtet

Ebenso ist ein Betrieb mit wechselnden Impulsen aus Luft und Duftstoff möglich. Auch hier kann gemischt und verdünnt werden.

Das OM i/m ist eine kompakte Lösung für viele Experimente. Es öffnet ein weites Feld von Untersuchungsmöglichkeiten des Geruchssinnes und der Einwirkung von Gerüchen auf alle denkbaren Funktionssysteme (www.burghart.net, 2010).

Zubehör für Olfaktometer:

- Atemsensor

Der Atemsensor dient z.B. in speziellen Studien zum Trainieren von Versuchspersonen, nicht gegen den Reiz zu atmen.

- Leaktester

Der Leaktester kann Undichtigkeiten im Luftsystem von Olfaktometern feststellen, die zur Verfälschung von Strömungen führen. Undichtigkeiten werden mit Hilfe farbiger Lampen angezeigt.

- Befeuchtungsmodul

Das Befeuchtungsmodul reichert die Luft mit Feuchtigkeit an.

- Odorantmodul

Das Odorantmodul funktioniert nach demselben Prinzip wie das Befeuchtungsmodul, enthält jedoch keine Heizung.

- Gaserwärmungsmodul

Das Gaserwärmungsmodul erwärmt Gase, die sich aus physikalischen Gründen nach der Expansion abkühlen. Es wirkt einem Temperaturunterschied am Olfaktometerausgang entgegen.

Software für Olfaktometer:

Die Software gibt es in zwei Versionen:

Basic: Beinhaltet nur die Olfaktometer-Steuerfunktionen sowie das Anlegen und Abspeichern von Klassen und Sequenzen.

Extended: Beinhaltet zu den in der Basic-Version genannten Features auch die EEG-Aufzeichnung.

8.2 Messungen des Geschmacksvermögens (Gustometrie)

8.2.1 Psychophysische Untersuchung

Whole mouth test

Das Schmeckvermögen wird beim „whole mouth test“ in der gesamten Mundhöhle getestet. Dafür werden kleine Mengen von Geschmackslösungen für einige Sekunden in den Mund genommen. Saccharose, Zitronensäure, Natriumchlorid, Koffein und Chinin werden sehr oft als Geschmacksstoffe verwendet (KNECHT et al, 1999).

Geschmackstest mit Tabletten

Dieser Test ist ein einfacher Screening Test. Der Test besteht aus 28 Tabletten, die sich aus mikrokristalliner Zellulose, Polyethylenglycol und Aerosil

zusammensetzen. Je sechs davon enthalten verschiedene Konzentrationen von Saccharose, Zitronensäure, NaCl und Koffein und vier Tabletten haben keinen Geschmack. Der Proband bekommt die Tabletten in einem Intervall von 30 sec. auf die Zunge gelegt, worauf er sie kauen und die Geschmacksrichtung mit Hilfe des Forced-Choice-Verfahren identifizieren muss. Der Mund wird vor jeder Tablette mit Wasser ausgespült. Bei der Auswertung stehen Süß, Sauer, Salzig, Bitter und kein Geschmack zur Auswahl. Die Ergebnisse diese Tests korrelieren mit den Ergebnissen des „three drop tests“ (AHNE et al, 2000).

Three drop test

Der „three drop test“ ist ein Schwellentest. Je Geschmacksrichtung werden hierfür acht verschieden konzentrierte Lösungen zusammengestellt. Für die Geschmacksrichtung Süß wird Saccharose, für Sauer Zitronensäure, für Salzig NaCl und für Bitter Coffein verwendet. Im Verlaufe des Test werden ein Tropfen Lösung und zwei Tropfen destilliertes Wasser in der Mitte der Zunge aufgetragen. Der Proband ermittelt die Geschmacksrichtung mit Hilfe des Forced-Choice-Verfahren. Die Konzentration gilt als Schwelle, sobald zwei aufeinander folgende Konzentrationen richtig erkannt werden. Aus allen vier Schwellen wird ein Taste Score errechnet (GUDZIOL und HUMMEL, 2007).

Taste Strips

Die „Schmeckstreifen/Taste Strips“ sind ein validiertes Untersuchungsverfahren zur Bestimmung des Schmeckvermögens. Es kann zwischen Normogeusie und Hypogeusie unterschieden werden.

Die Anwendung erfolgt bei Überprüfung des Ganzmund-Schmeckvermögens durch Auflegen der Schmeckstreifen auf die Zunge und Schließen des Mundes (die Zunge kann vom Probanden bewegt werden). „Taste Strips“ sind Filterpapierstreifen, die die Form eines Löffels besitzen. Das 2 cm² große, vordere Ende ist mit einem Geschmack versehen. Der Test besteht insgesamt aus 32 Streifen und für jede Grundgeschmacksqualität sind vier Schmeckstreifen mit vier unterschiedlichen Konzentrationen von Saccharose, Zitronensäure, NaCl

und Chinin für jede Zungenseite vorgesehen. Die Streifen werden zum Testen links oder rechts auf das vordere Zungendrittel gegeben. In ansteigender Reihenfolge werden die Konzentrationen präsentiert und der Mund wird vor jedem neuen Streifen mit Wasser gespült. Mit Hilfe des Forced-Choice-Verfahren wählt der Proband eine der vier Grundgeschmacksqualitäten aus. Der Taste Score wird aus der Summe der richtigen Antworten gebildet. (LANDIS et al, 2009; www.burghart.net, 2010).

8.2.2 Elektrogustometrie

Durch elektrische Stimulation von Gebieten mit Geschmacksknospen wird hier eine gustatorische Wahrnehmung ausgelöst. Die Wahrnehmung wird als Sauer, Metallisch, Elektroschock, Kribbelnd und Vibrierend beschrieben. Ein Verlust oder eine Verminderung des Geschmackssinnes kann hiermit diagnostiziert werden. Der Vorteil der Elektrogustometrie liegt darin, dass man die Funktionstüchtigkeit der einzelnen Nerven des gustatorischen Systems überprüfen kann. Sicher ist noch nicht, inwieweit die elektrischen Schwellenwerte mit jenen chemischer Untersuchungen korrelieren (MURPHY et al, 1995; TOMITA und IKEDA, 2002).

8.2.3 Gustatorisch evozierte Potenziale

Über die Hirnaktivität kann sowohl die olfaktorische als auch die gustatorische Funktion gemessen werden. Das geschieht mittels EEG, fMRI (functional magnetic resonance imaging), PET (positron emission tomography) und MEG (Magnetencephalographie). Die gustatorischen Signale werden mit Hilfe der Elektrogustometrie oder auch psychophysisch ausgelöst. Der Vorteil der Elektrogustometrie liegt darin, dass der Mund zwischen den einzelnen Konzentrationen nicht ausgespült werden muss und daher mehr aufeinander folgende Konzentrationen getestet werden können (YAMAMOTO et al, 2003).

Das Gustometer

Mit dem Gustometer GU 001 (Abbildung 17) kann der Geschmackssinn mit wässrigen Lösungen objektiv untersucht werden. Dies hat nichts mit dem häufig verwendeten Prinzip der elektrischen Stimulation der Zunge gemein.

Wasser dient als Hintergrund, das für die Dauer des Reizes durch eine schmeckende Lösung ersetzt wird. So kann ein Geschmacksreiz ohne gleichzeitigen mechanischen/thermischen Reiz erreicht werden (www.burghart.net, 2010).

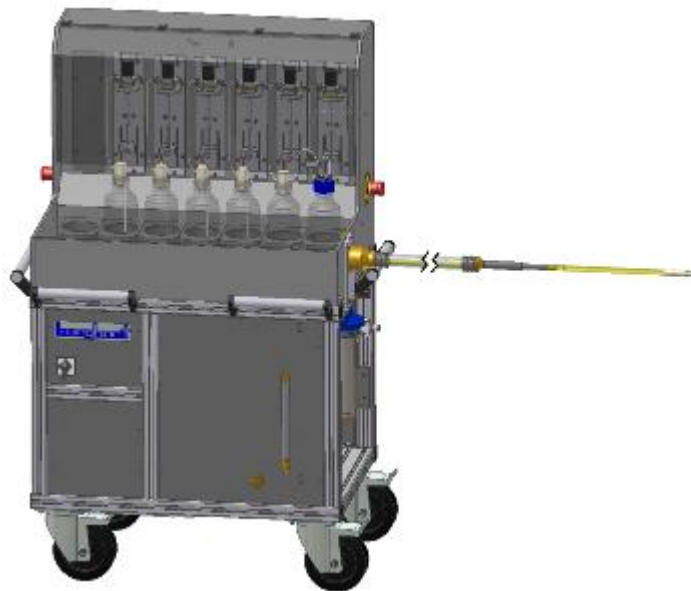


Abb. 17: Gustometer (Burghart Medizintechnik, 2010)

9. Schlussbetrachtung

Das Leben des Menschen wird beeinflusst durch seine fünf Sinne, schmecken, riechen, hören, sehen und tasten. Wichtig in der Sinnesphysiologie ist auch die Beziehung zwischen Reiz und Empfindung. Das führte die Wissenschaft dazu, verschiedene Intensitätsschwellen einzuführen, um Reize messbar zu machen.

Wie wichtig die richtige Funktion unserer Sinne ist, wird uns erst im Alltag bewusst. Dramatisch bzw. lebensbedrohlich kann es für den Menschen werden, wenn seine Sinne, besonders Geruchs- und Geschmackssinn, nicht einwandfrei funktionieren. Dadurch können giftige Substanzen nicht geschmeckt bzw. gerochen werden und so unser Leben bedrohen. Aber auch Berufe, bei denen der Geruchs- und Geschmackssinn eine wichtige Rolle spielen, können bei einer Funktionsstörung nicht mehr ausgeführt werden.

Die Funktionsstörungen des Geruchs- und Geschmackssinns werden in quantitative und qualitative Störungen eingeteilt. Zu den quantitativen Störungen des Geruchssinns zählen Anosmie, Hyposmie und Hyperosmie und zu den qualitativen Störungen oder Dysosmien gehören Parosmie und Phantosmie. Beim Geschmackssinn ist es ähnlich. Zu den quantitativen Störungen des Geschmackssinns zählt man die Ageusie, die Hypogeusie und die Hypergeusie. Zu den qualitativen Störungen oder Dysgeusien gehören die Parageusie und die Phantogeusie.

Gründe für Geruchs- und/oder Geschmacksstörungen können vielseitig sein. Die häufigsten peripheren Gründe für Riechstörungen beinhalten Infektionen, Tumore, allergische Rhinitis, angeborene und entwickelte Missbildungen sowie Drogenmissbrauch. Viele Störungen des Zentralnervensystems werden in Verbindung mit Riechsinnstörungen gebracht. Die häufigsten Ursachen sind degenerative neuropsychiatrische Erkrankungen, erbliche Störungen, Traumata, Tumore und Aids. Die Sinne können aber auch durch die Einnahme von verschiedenen Medikamenten und durch chirurgische Eingriffe beeinträchtigt werden. Manche dieser Störungen können nach Beendigung der Medikamententherapie oder nach einem medizinischen Eingriff wieder behoben

werden. Auch Erkrankungen, wie Zuckerkrankheit, Bluthochdruck oder Mangel- und Fehlernährungen beeinflussen die Sinne, besonders den Geruchssinn.

Die Untersuchungsmethoden, mit denen man solche Sinnesfunktionsstörungen abklären kann, sind sehr vielseitig, wobei sich nicht jede Methode gleich gut für die Untersuchung von unterschiedlichen Störungen eignet. Dabei stoßen die klassischen Röntgenaufnahmen auf ihre Grenzen und Fehldiagnosen sind daher keine Seltenheit. Die klassische Tomographie ist nicht mehr sehr zeitgemäß, da es in Bezug auf die Auflösung und die Differenzierung von Geweben große Nachteile gibt. Die Computertomographie ist eine geeignete und kosteneffektive Methode, um entzündliche Erkrankungen der Nasenhöhle zu erkennen, da sie sowohl für Gewebeerkrankungen als auch für Veränderungen, die die Knochen betreffen, sehr empfindlich ist. Die Magnetresonanztomographie ist vorteilhaft für die Beurteilung von Tumoren des Sinunasal-Traktes und für Erkrankungen des Gehirns. Diese Methode eignet sich besser zur Unterscheidung von Geweben als für den Nachweis von knöchernen Missbildungen. Die Nuklearmedizin mit der „Positron Emission Tomographie“ (PET) und der „Single Photon Emission Computertomographie“ (SPECT) sind nützlich bei der Aufzeichnung von Veränderungen der regionalen Gehirnfunktionen. Seit der Einführung von CT und MRT verlor der Einsatz der Angiographie an Bedeutung, weshalb sich die Verwendung auf die Veranschaulichung von Aneurismen, arteriovenöse Fehlbildungen, wiederkehrendes Nasenbluten und Gefäßtumore im Kopf- und Nackenbereich beschränkt.

Auf Grundlage der volumetrischen Untersuchung des *Bulbus olfactorius* kann auf die Funktionstüchtigkeit des Riechsystems geschlossen werden. Biopsien sind aufschlussreich in Hinblick auf die peripheren Ursachen von Riechstörungen.

Neben den medizinischen Untersuchungsmethoden mit Hilfe dessen sich viele dieser Sinnesstörungen diagnostizieren lassen, wird immer öfter auch den sensorischen Techniken große Bedeutung zugesprochen. Die Methoden zur Untersuchung der olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeiten der Menschen werden in die Messung des Riech- und Geschmacksvermögens unterteilt. Bei der Messung des Riechvermögens werden psychophysische

Untersuchungen und elektrophysiologische Verfahren unterschieden. Die psychophysische Untersuchungsmethode beinhaltet die Sniffin'-Sticks, den Züricher Riechtest, den Connecticut Chemosensory Clinical Research Center Test und den University of Pennsylvania Smell Identification Test. Beim elektrophysiologischen Verfahren wird das olfaktorisch evozierte Potenzial (EP) mittels Olfaktometer gemessen. Bei der Messung des Geschmacksvermögens werden psychophysische Untersuchungen, die Elektrogustometrie und gustatorisch evozierte Potenziale unterschieden. Die psychophysische Untersuchung umfasst die Testung mit dem „whole mouth test“, dem „Geschmackstest mit Tabletten“, dem „three drop test“ und den „taste strips“. Bei der Elektrogustometrie wird durch elektrische Stimulation von Gebieten mit Geschmacksknospen eine gustatorische Wahrnehmung ausgelöst.

Bei gustatorisch evozierten Potenzialen kann über die Hirnaktivität sowohl die olfaktorische als auch die gustatorische Funktion gemessen werden. Das geschieht mittels EEG, fMRI (functional magnetic resonance imaging), PET (positron emission tomography) und MEG (Magnetencephalographie).

Somit kann der Einsatz von sensorischen Methoden zur Evaluierung der Geruchs- und Geschmackswahrnehmung eine große Hilfe bei der Früherkennung von diversen Krankheiten leisten.

10. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war, die Bedeutung der sensorischen Methoden, die als Ergänzung zu den medizinischen Techniken verwendet werden können aufzuzeigen. Mit den sensorischen Untersuchungsmethoden können nämlich bestimmte Erkrankungen, die mit der Störung der Geruchs- und/oder Geschmackswahrnehmung einhergehen, im Frühstadium diagnostiziert werden.

Genauer behandelt wurden quantitative und qualitative Störungen des Geruchs- und Geschmackssinns. Unter quantitativen Geruchsstörungen versteht man die Anosmie, die Hyposmie und die Hyperosmie. Qualitative Störungen des Geruchssinns sind die Parosmie und die Phantosmie. Die quantitativen Geschmacksstörungen beinhalten die Ageusie, Hypogeusie und die Hypergeusie. Parageusie und Phantogeusie werden als qualitative Störungen des Geschmackssinns bezeichnet.

Eingegangen wurde auch auf die Gründe für Geruchs- und Geschmacksstörungen. Verschiedene Krankheiten, die das periphere und/oder das zentrale Nervensystem betreffen, ebenso wie chirurgische Eingriffe und Medikamenteneinnahmen können unsere Sinneswahrnehmung beeinflussen. Weiters wurden medizinische Untersuchungsmethoden – wie Röntgenaufnahmen, Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Nuklearmedizin, Angiographie, volumetrische Untersuchungen des *Bulbus olfactorius* und Biopsien – näher beschrieben.

Ebenso wurden die sensorischen Methoden zur Untersuchung der olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit erläutert. Hier wurde zwischen Olfaktometrie und Gustometrie unterschieden. Bei der Messung des Riechvermögens wurden psychophysische Untersuchungen und elektrophysiologische Verfahren genauer untersucht. Bei der Messung des Geschmacksvermögens wurden psychophysische Untersuchungen, die Elektrogustometrie und gustatorisch evozierte Potenziale behandelt.

11. Summary

The aim of this study was to show the importance of sensory methods in addition to the medical techniques. With the help of sensory methods a lot of diseases which refer to smell and taste dysfunctions can be diagnosed very early.

There were quantitative and qualitative deficits of the sense of smell and taste. Quantitative deficits of the sense of smell are anosmie, hyposmie and hyperosmie. Qualitative deficits of the sense of smell are parosmie and phantosmie. The quantitative deficits of the sense of taste contain ageusie, hypogeusie and hypergeusie. Parageusie and phantogeusie are called qualitative deficits of the sense of taste.

Then the causes of smell and taste dysfunctions were described. There was made a difference between peripheral and central causes of olfactory and gustatory disturbances. Then was talked about failures of the wits and how different types of diseases, surgical operation and medication can influence our sensory perception.

There was also a description of medical techniques by what the dysfunction of smell and taste was detectable. Imaging modalities like plain radiographs, computed tomography, magnetic resonance imaging, nuclear medicine, angiography, volumetric examinations and biopsy were described.

Also sensory methods which can detect failures of the wits were shown. The differences between olfactometry and gustometry were described. Psychophysical and electrophysiological imaging techniques which belong to the olfactometry, were described. Also psychophysical examinations, electrogustometry and gustatorical evoked potentials were investigated.

12. Literaturverzeichnis

AHNE G., ERRAS A., HUMMEL T., KOBAL G.: Assessment of gustatory function by means of tasting tablets. The Laryngoscope 2000; 110: 1396-1401

BELITZ H.D, GROSCH W, SCHIEBERLE P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. 2008; 346-351. 356-367. 376. 381. 390-394. 557-561. 757-761. 796-797. 813-816. 832-833. 863-867.

BIRBAUMER N. und SCHMIDT R. F.: Geschmack und Geruch. In: Biologische Psychologie (Birbaumer N. und Schmidt R. F., Hrsg.); 6. Auflage; Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2006; 439-457.

BROWNE J. D., MIMS J. W.: Preservation of olfaction in anterior skull base surgery. The Laryngoscope 2000; 110: 1317-1322.

BUSCH-STOCKFISCH M.: Sensorische Grundlagen. In: Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung (Busch-Stockfisch M., Hrsg.). Behr's Verlag. Hamburg. 2002; 15. Aktualisierungslieferung 12/06. 6-8.

BÜTTNER A, SCHIEBERLE P.: Exhaled Odorant Measurement (EXOM) – A New Approach to Quantify the Degree of In-mouth Release of Food Aroma Compounds. Lebensmittelwissenschaft & –Technologie 2000; 33: 553-559.

BÜTTNER A.: Spaß an Essen und Trinken – Retronasale Geruchswahrnehmung. Nachrichten aus der Chemie. 2004; 52: 540-544.

CASSAN A.: Anatomie Atlas: Körperaufbau, Organe, Funktionen. Bassermann Verlag. München 2008;60, 66.

CHENG LI, YOUSEM D. M., DOTY R. L., KENEDY D. W.: Evaluation of Olfactory Deficits by Medical Imaging. In: Handbook of Olfaction and Gustation (DOTY R. L., Hrsg.). Marcel Dekker. New York 1995; 16: 395-412.

DERNDORFER E.: Lebensmittelsensorik. Facultas Universitätsverlag. Wien. 2006; 15-20. 23-24. 34.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR HNO-HEILKUNDE, elektronische Publikation des AWMF online (Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen, medizinischen Fachgesellschaft), aktualisiert 2007; <http://www.uni-duesseldorf.de/awmf/II/017-052.htm> (14.01.2010)

DIN 10950-1:1999-04: Deutsches Institut für Normung e.V. Sensorische Prüfung. Beuth Verlag. Berlin.

DOTY R. L. and KOBAL G.: Currents Trends in the Measurement of Olfactory Function. In: Handbook of Olfaction and Gustation (DOTY R. L., Hrsg.). Marcel Dekker. New York 1995; 8: 191.

DUDEN Das Fremdwörterbuch: 10. Auflage. Dudenverlag. Mannheim, Zürich 2011.

DUNCAN H. J. and SMITH D. V.: Clinical Disorders of Olfaction. A Review. In: Handbook of Olfaction and Gustation (DOTY R. L., Hrsg.). Marcel Dekker. New York 1995; 14: 345-354.

FLIEDNER I, WILHELMI F.: Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. Behr's Verlag. Hamburg. 1989; 19.

FRANK M. E., MOTT A. E., DELLA FERRA M. A.: Iatrogenic Causes of Taste Disturbances. Radiation Therapy, Surgery and Medication. In: Handbook of Olfaction and Gustation (DOTY R. L., Hrsg.). Marcel Dekker. New York 1995; 35: 785-789.

FRICKER A.: Lebensmittel – mit allen Sinnen prüfen! Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 1984; 56, 59, 70.

FRUHSTORFER H. Chemische Sinne. In: Lehrbuch der Physiologie (Klinke P. und Silbernagel s., Hrsg.) 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1996; 611-621.

GABRIEL A. S., UNEYAMA H., MAEKAWA T., TORRIL K.: The calcium-sensing receptor in taste tissue. Biochemical and Biophysical Research Communications 2009; 378: 414-418.

GIL-CARCEDO L.M, VALLEJO L.A, GIL-CARCEDO E.: Structure of the principal olfactory tract. Otolaryngology – Head and Neck Surgery 2000; 122: 129-138.

GRÜB H.: Ermitteln von Geschmacks- und Geruchsschwellen. In: Praxishandbuch Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung (Busch-Stockfisch M., Hrsg.). Behr's Verlag. Hamburg. 2002; 15. Aktualisierungslieferung 12/06; 1-2.

GUDZIOL H. and HUMMEL T.: Normative values for the assessment of gustatory function using liquid tastants. Acta Oto-Laryngological 2007; 127: 658-661.

HAAMANN A.: Sensibilität der Sinnesorgane. In: Biologie, Anatomie, Physiologie (MENCHE N., Hrsg.) 5. Auflage. Urban&Fischer Verlag. München 2003; 12.5: 189.

HAEHNER A., BOESVELDT S., HERENDSE H. W., MACKAY-SIM A., FLEISCHMANN J., SILBURN P. A., JOHNSTON A. N., MELLICK G. D., HERTING B., REICHMANN H., HUMMEL T.: Prevalence of smell loss in Parkinson's disease – A multicenter study. Parkinsonism and Related Disorders 2009; 15: 490-494.

HATT H.: Geschmack und Geruch. In: Physiologie des Menschen (Schmidt R. F. und Lang F., Hrsg.) 30. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2007; 421-436.

HOLLEY A.: Processing information about flavour. In: Flavour in food (Voilley A., Hrsg). Woodhead Publishing Limited. Cambridge. 2006; 37.

<http://www.burghart.net> (19.8.2008, 27.8.2008, 26.10.2008, 10.4.2010)

<http://www.wikipedia.at> (30.08.2011)

HUMMEL T., HÄHNER A., WITT M., LANDIS B. N.: Die Untersuchung des Riechvermögens. HNO 2007; 55: 827-838.

HUMMEL T., SEKINGER B., WOLF S. R., PAULI E., KOBAL G.: „Sniffin’ Sticks“: Olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. Chemical Senses 1997; 22: 39-52.

JUST T., HOMOTH J., GRAUMÜLLER S., PAU H. W.: Schmeckstörungen und Erholung der Schmeckfunktion nach Mittelohroperationen. Laryngo-Rhino-Otologie 2003; 82: 494-500.

KHAN N. A., BESNARD P.: Oro-sensory perception of dietary lipids: New insights into the fat taste transduction. Biochemica et Biophysica 2009; 1791: 149-155.

KLINKE R., PAPE H.-C., SILBERNAGEL S.: Physiologie. 5. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2005; 661.

KNECHT M., HÜTTENBRINK K.-B., HUMMEL T.: Störungen des Riechens und Schmeckens. Schweizer Medizinische Wochenschrift 1999; 129: 1039-1046.

LANDIS B., WELGE-LUESSEN A., BRÄMERSON A., BENDE M., MUELLER C. A., NORDIN S., HUMMEL T.: „Taste Strips“ – A rapid, lateralized, gustatory bedside identification test based on impregnated filter papers. Journal of Neurology 2009; 256: 242-248.

LANG C. J. G., LEUSCHNER T., ULRICH K., STÖSSEL C., HECKMANN J. G., HUMMEL T.: Taste in dementing disease and Parkinsonism. Journal of the Neurological Sciences 2006; 248: 177-184.

LAUGERETTE F, GAILLARD D, PASSILLY-DEGRACE P, NIOT I, BESNARD P.: Do we taste fat? Biochimie 2007; 89: 265-269.

LAWLESS H. L., STEVENS D. A., CHAPMAN K. W., KURTZ A.: Metallic taste from electrical and chemical stimulation. Chemical Senses 2005; 30:185-194.

LINDEMANN B., OGIWARA Y., NINOMIYA Y.: The discovery of Umami. Chemical Senses 2002; 27; 843-844.

LUZZI S., SNOWDEN J. S. NEARY D., COCCIA M., PROVINCIALI L., LAMBON RALPH M. A.: Distinct patterns of olfactory impairment in Alzheimer's disease, semantic dementia, frontotemporal dementia and corticobasal degeneration. Neuropsychology 2007; 45:1823-1831.

MAJCHZRAK D.: Vorlesung „Methoden der sensorischen Analyse“. Universität Wien. WS 2007/08.

MATTES R. D.: Nutritional Implications of Taste and Smell Disorders. In: Handbook of Olfaction and Gustation (DOTY R. L., Hrsg.). Marcel Dekker. New York 1995; 32: 732-735.

MURPHY C., QUINONEZ C., NORDIN S.: Reliability and validity of electrogustometry and its application to young and elderly persons. Chemical Senses 1995; 20: 499-503.

NEGOIAS S, VISSCHERS R, BOELRIJK A, HUMMEL T.: New ways to understand aroma perception. Food Chemistry 2008; 108: 1247-1254.

PINEL J.: Biopsychology. Pearson Education. America 2009; 10.2: 245-247.

PSCHYREMBEL Klinisches Wörterbuch: bearb. Von der Wörterbuch- Red. Des Verl. unter der Leitung von H. Hildebrandt. – 258. neu bearb. Aufl. – Berlin: de Gruyter, 1998.

RAVASCO P.: Aspects of taste and compliance in patients with cancer. European Journal of Oncology Nursing 2005; 9: 84-91.

RODGERS S., BUSCH J., PETERS H., CHRIST-HAZELHOF E.: Building a tree of knowledge: Analysis of bitter molecules. *Chemical Senses* 2005; 30: 547-557.

SANDERS O. G., AYERS J. V., OAKES S.: Taste acuity in the elderly: The impact of threshold, age, gender, medication, health and dental problems. *Journal of Sensory Studies* 2002; 17: 89-104.

SCHIFFMANN S. S. and ZERVAKIS J.: Taste and smell perception in the elderly: Effect of medication and disease. *Advances in Food and Nutrition Research* 2002; 44:247-346.

SCHMIDT R. F., THEWS G.: *Physiologie des Menschen*. Berlin, Heidelberg. New York. 1997. Springer Verlag. 27. Auflage. 195-327.

SCLAFANI A, ACKROFF N.: Fat preference and acceptance in the CD36 knockout mice. *Appetite* 2007; 49: 329.

SHAH M., DEEB J., FERNANDO M., NOYCE A., VISENTIN E., FINDLEY L. J., HAWKS C. H.: Abnormality of taste and smell in Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders* 2009; 15: 232-237.

SOWALSKY R. A. and NOBLE A. C.: Comparison of the effects of concentration, pH and anion species on astringency and sourness of organic acids. *Chemical Senses* 1998; 23: 343-349.

STEINBACH S., HUNDT W., ZAHNERT T.: Der Riechsinn im alltäglichen Leben. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin* 2008; 84: 348-362.

SUAREZ P. and CLARK G. T.: Burning Mouth Syndrome. An update on diagnosis and treatment methods. *Journal of the California Dental Association* 2006; 34: 611-622.

THEWS G, MUTSCHLER E, VAUPEL P.: *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. Stuttgart. 1999; 707-715.

TOMITA H. and IKEDA M.: Clinical use of electrogustometry: Strengths and limitations. *Acta Otolaryngology* 2002; 546: 27-28.

TOMITA H. and OHTUKA K.: Taste disturbance after tonsillectomy. *Acta Otolaryngology* 2002; 546: 164-172.

TOMOFUJI S., SAKAGAMI M., KUSHIDA K., TERADA T., MORI H., KAKIBUCHI M.: Taste disturbance after tonsillectomy and laryngomicrosurgery. *Auris Nasus Larynx* 2005; 32: 381-386.

TORDOFF M. G.: Some Basic Psychophysics of Calcium Salt Solutions. *Chemical Senses* 1996; 21: 417-424.

WINKEL C., de KLERK A., VISSER J., de RIJKE E., BAKKER J., KOENIG T., RENES H.: New developments in Umami (enhancing) molecules. *Chemistry and Biodiversity* 2008; 5: 1195-1203.

WOLFENBERGER M. und SCHNIEPER I.: Sniffin' Sticks: Ein neues Instrument zur Geruchsprüfung im klinischen Alltag. *HNO* 1999; 47: 629-636.

YAMAMOTO C., TAKEHARA S., MORIKAWA K., NAKAGAWA S., YAMAGUCHI M., IWAKI S., TONOIKE M., YAMAMOTO Y.: Magnetencephalographic study of cortical activity evoked by electrogustatory stimuli. *Chemical Senses* 2003; 28: 245-251.

YASUO T., KUSUHARA Y., YASUMATSU K., NINOMIYA Y.: Multiple receptor systems for glutamate detection in the taste organ. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 2008; 31: 1833-1837.

ZHANG F., KLEBANSKY B., FINE R. M., XU J., PRONIN A., LIU H., TACHDJIAN C., LI X.: Molecular mechanism for the umami taste synergism. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 2008; 105: 20930-20934.

13. Unterfertigte eidesstattliche Erklärung

Ehrenerklärung

Ich, Petra Simon, erkläre, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbst verfasst und dazu keine anderen als angeführten Behelfe verwendet, die Autorenschaft eines Textes nicht angemaßt und wissenschaftliche Texte oder Daten nicht unbefugt verwendet habe. Außerdem habe ich die Reinschrift der Diplomarbeit einer Korrektur unterzogen und ein Belegexemplar verwahrt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

Ort, Datum

Unterschrift

LEBENS LAUF



Persönliche Daten:

Name: Petra Simon (geb. Fraißl)
Anschrift: Wienerstr. 29/7, 3830 Waidhofen/Th.
Telefon: 0664/124 39 23
Geburtsdaten: 09. Februar 1984 in Waidhofen/Thaya
Familie: Andreas Simon (Ehepartner)
E-Mail: petra.fraiszl@gmx.at
Familienstand: verheiratet
Religion: römisch-katholisch
Staatsbürgerschaft: Österreich

Schulbildung:

09/2008-09/2009 Studium an der Hochschule für Agrar- und
Umweltpädagogik Ober St. Veit
seit Oktober 2002 Studium der Ernährungswissenschaften
1994-2002 Bundesrealgymnasium Waidhofen/Thaya
1990-1994 Volksschule Dobersberg

Praktika:

September 2007 Landesklinikum Waldviertel Zwettl
Juli – August 2007 Saatzucht Edelhof
August 2006 Qualitätslabor Niederösterreich
Juli 2005 Qualitätslabor Niederösterreich
August – September 2004 Krankenhaus Waidhofen an der Thaya

Berufserfahrung:

seit September 2009 Lehrkraft an der Landwirtschaftlichen Fachschule
Zwettl/Edelhof
05/2008-09/2010 Verein zur Förderung der Mohn- und
Getreidezüchtung am Edelhof (Labor)

Besondere Fähigkeiten:

Sprachkenntnisse: Deutsch und Englisch in Wort und Schrift
Zertifikate: VEÖ-success-Workshop „East meets West“
VEÖ-Kochseminar “5 Elemente Ernährung”
Stärken: gesundheitsbewusst, engagiert, teamfähig, lernbereit,
selbstbewusst und hilfsbereit
Interessen: Ernährung, Landwirtschaft, Menschen, Sport, Musik,
Pferde uvm.

Waidhofen, 17. November 2011