



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

Olfaktorische und Gustatorische Veränderungen in der
Wahrnehmung bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern

verfasst von

Petra Mitmannsgruber, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad
Master of Science (MSc)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 838
Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium Ernährungswissenschaften
Betreut von: Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Danke.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Tabakprodukte.....	3
2.1.1	Raucher in der europäischen Union.....	3
2.1.2	Raucher in der österreichischen Bevölkerung.....	4
2.1.2.1	Geschlechterverteilung.....	4
2.1.2.2	Alter	5
2.1.2.3	Bundesländervergleich	6
2.2	Der Geruchssinn.....	6
2.2.1	Anatomie des Geruchssinnes	6
2.2.2	Physiologie des Geruchssinnes	8
2.2.3	Retronasale Wahrnehmung	9
2.2.4	Klassifikation von Gerüchen.....	10
2.2.5	Olfaktorische Störungen.....	11
2.2.5.1	Quantitative Störungen der Geruchswahrnehmung.....	12
2.2.5.2	Qualitative Störungen der Geruchswahrnehmung.....	12
2.2.6	Faktoren die den Geruchssinn beeinflussen	13
2.2.6.1	Geschlecht.....	13
2.2.6.2	Alter	13
2.2.6.3	Virusinfektionen	14
2.2.6.4	Medikamente	14
2.2.6.5	Diabetes mellitus	15
2.2.6.6	Luftverschmutzung	15
2.2.6.7	Schwangerschaft.....	15

2.2.7	Methoden zur Feststellung der Empfindlichkeit des Geruchssinnes	16
2.2.7.1	Sniffin´Sticks	16
2.2.7.2	UPSIT – University of Pennsylvania Smell Identification Test	18
2.2.7.3	Connecticut Chemosensory Clinical Research Center Test ...	18
2.3	Der Geschmackssinn.....	18
2.3.1	Anatomie des gustatorischen Sinnes	19
2.3.2	Physiologie des Geschmackssinnes	21
2.3.3	Die fünf Geschmacksqualitäten.....	22
2.3.3.1	Anerkannte Geschmacksqualitäten	23
2.3.3.2	Süß	24
2.3.3.3	Bitter	25
2.3.3.4	Umami	26
2.3.3.5	Salzig.....	27
2.3.3.6	Sauer	28
2.3.4	Diskutierte Geschmacksqualitäten	29
2.3.4.1	Fett	29
2.3.4.2	Metallisch.....	29
2.3.4.3	Calcium.....	30
2.3.5	Gustatorische Störungen.....	30
2.3.6	Faktoren die den Geschmackssinn beeinflussen	31
2.3.6.1	Geschlecht.....	31
2.3.6.2	Alter	31
2.3.6.3	Medikamente	32
2.3.7	Methoden zur Feststellung der Empfindlichkeit des Geschmackssinnes	32

2.3.7.1	Elektrogustometrie.....	33
2.3.7.2	Kontakt-Endoskopie.....	33
2.3.7.3	Filterpapiermethode.....	33
2.3.7.4	Drei-Tropfen-Methode	34
2.4	Einfluss des Rauchens auf die chemischen Sinne	34
2.4.1	Olfaktorische Wahrnehmungsveränderung durch das Rauchen.....	34
2.4.2	Gustatorische Wahrnehmungsveränderung durch das Rauchen.....	36
3	Probanden und Methoden	38
3.1	Charakteristika der teilnehmenden Prüfpersonen.....	38
3.2	Methoden.....	40
3.2.1	Geruchstest.....	40
3.2.1.1	Durchführung des Geruchstests	40
3.2.2	Geschmackstest.....	41
3.2.2.1	Vorbereitung der Geschmackslösungen.....	42
3.2.2.2	Darreichung und Durchführung des Geschmackstests.....	42
3.2.3	Darreichung und Durchführung des Tests zur retronasalen Wahrnehmung.....	44
3.2.4	Statistische Auswertung.....	45
4	Ergebnisse und Diskussion	46
4.1	Ergebnisse.....	46
4.1.1	Veränderung der olfaktorischen Wahrnehmung durch das Rauchen	46
4.1.2	Veränderung der gustatorischen Wahrnehmung durch das Rauchen	49
4.1.3	Zusammenhang der chemischen Sinnesmodalitäten.....	55

4.1.4	Veränderung der retronasalen Wahrnehmungsfähigkeit durch das Rauchen	56
4.1.5	Faktoren die die Geruchs- und Geschmackswahrnehmung beeinflussen	58
4.1.5.1	Einfluss der konsumierten Zigarettenmenge auf die Geschmackswahrnehmung.....	58
4.1.5.2	Einfluss der Zigarettenmenge auf die Geruchswahrnehmung	60
4.1.5.3	Einfluss der konsumierten Kaffeemenge auf die Identifikation des bitteren Geschmacks.....	61
4.1.5.4	Einfluss des konsumierten Biers auf die Identifikation des bitteren Geschmacks	62
4.1.5.5	Einfluss durch hormonelle Verhütungsmittel.....	62
4.2	Diskussion	64
5	Schlussbetrachtung	71
6	Zusammenfassung	74
7	Summary.....	76
8	Literaturverzeichnis.....	77

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Ac	Adenylatcyclase
ACE-Hemmer	Angiotensin-converting Enzyme
ATP	Adenosintriphosphat
BMS	Burning Mouth Syndrome
B-SIT	Brief Smell Identificationstest
bzw.	Beziehungsweise
CaCl ₂	Calciumchlorid
cAMP	cyclisches Adenosinmonophosphat
CaSR	Calciumsensing Rezeptor
CCCRC	Connecticut Chemosensory Clinical Research Center Test
CD36	Cluster of Differentiation 36
cGMP	cyclisches Guaninmonophosphat
Cm	Zentimeter
CT-Sit	Cross Cultural Smell Identificationstest
DAG	Diacylglycerol
DHS	Dortmunder Gesundheitsstudie
ENaC	epitheliale Natriumkanäle
EU	Europäische Union
G-Protein	Guaninnucleotid-bindendes Protein
GLUT 4	Glucose Transporter 4
GPCRs	G-Proteingekoppelte Rezeptoren
H ⁺	Proton
HCN	hyperpolarisationsaktivierter cyclisch-gesteuerter Nucleotid Kanal
HIS	Health interview surveys
IP3	Inositol-1,4,5-Thriphosphat
IPS	Idiopathisches Parkinsonsyndrom
IQR	Interquartilsabstand
KCl	Kaliumchlorid

KATP	Adenosintriphosphat aktivierte Kaliumkanäle
LCFA	langkettige Fettsäuren
ml	Milliliter
MW	Mittelwert
N	Anzahl
Na ⁺	Natrium
Na ⁺ /H ⁺	Natrium-Protonenkanal
NR	Nichtraucher
Nr.	Nummer
PKA	Proteinkinase A
PLC	Phospholipase C
PTC	Phenylthiocarbamid
r	Korrelation
R	Raucher
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
SGLT1	Natrium-Glucose Co-Transporter
T1R	Taste Rezeptor
Tab.	Tabelle
TDI	Schwellen-/Diskriminatin-/Identifikaions-Score
UPSIT	University of Pennsylvania Smell Identifikation Test
z. B.	zum Beispiel
ZNS	Zentralnervensystem

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Probenkodierung der angegebenen Geschmackslösungen bei dem Erkennen der 5 Basalqualitäten	43
Tabelle 2: Geruchsidentifikationstest Sniffin´Stick Nr. 6 (Zitrone)	48
Tabelle 3: Geruchsidentifikationstest Sniffin´Stick Nr. 8 (Terpentin)	48
Tabelle 4: Geruchsidentifikationstest Sniffin´Stick Nr. 11 (Apfel)	48
Tabelle 5: Deskriptive Statistik der Geschmackslösungen.....	52
Tabelle 6: Signifikante Differenzen der einzelnen Geschmacksarten zwischen Nichtrauchern und Rauchern	52
Tabelle 7: Einfluss der Zigarettenmenge auf die Geschmacks- wahrnehmung	59
Tabelle 8: Einfluss der Zigarettenmenge auf die Geruchswahrnehmung.....	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der Raucher und Raucherinnen in Österreich.....	4
Abbildung 2: Darstellung des Tabakwarenkonsum-Einstiegsalters.....	5
Abbildung 3: Geruchswahrnehmung - olfaktorisches Epithel.....	8
Abbildung 4: Olfaktorische Signaltransduktion.....	9
Abbildung 5: 16 Sniffin´Sticks Identifikationstest.....	16
Abbildung 6: Geschmacksknospe und Wahrnehmung der Basal- qualitäten	21
Abbildung 7: Modelle der Geschmackskodierung; a) labelled-line Modell, b) und c) across-fibre pattern Modell	23
Abbildung 8: Transduktionsmechanismus des Süßgeschmacks	24
Abbildung 9: Transduktionsmechanismus des Bittergeschmacks.....	26
Abbildung 10: Transduktionsmechanismus des Umamigeschmacks.....	27
Abbildung 11: Transduktionsmechanismus des Salzgeschmacks	28
Abbildung 12: Transduktionsmechanismus des Sauergeschmacks	28
Abbildung 13: Pilzpapille eines Nichtraucher und eines Rauchers	37
Abbildung 14: Fragebogen.....	39
Abbildung 15: Antwortbogen zum Geruchsidentifikationstest	41
Abbildung 16: Antwortbogen zum Erkennen der Grundgeschmacksarten.....	42
Abbildung 17: Erhebungsbogen zur pronasalen und retronasalen Geruchsempfindung.....	44
Abbildung 18: Anzahl der durchschnittlich richtig erkannten Gerüche im gesamten Studienkollektiv.....	46
Abbildung 19: Gruppenspezifische Verteilung der erkannten Sniffin´Sticks	47
Abbildung 20: Vergleich der Ergebnisse des Geruchsidentifikationstests zwischen Rauchern und Nichtrauchern	48
Abbildung 21: Anzahl der richtig erkannten Geschmackslösungen im gesamten Studienkollektiv	49

Abbildung 22: Vergleich der Ergebnisse des Geschmacks- identifikationstests zwischen Nichtrauchern und Rauchern	50
Abbildung 23: Anzahl richtig erkannter Geschmackslösungen von Nichtraucher und Raucher.....	50
Abbildung 24: Anzahl der erkannten Geschmackslösungen in Prozent	51
Abbildung 25: Anzahl der richtig erkannten einzelnen Geschmacksarten zwischen Nichtrauchern und Rauchern a) Umami; b) Salzig; c) Nullprobe; d) Süß; e) Sauer; f) Bitter.....	55
Abbildung 26: Interaktion der chemischen Sinne in Abhängigkeit des Raucherstatus.....	56
Abbildung 27: Vergleich der retronasalen Empfindung zwischen Nichtrauchern (NR) und Rauchern (R).....	57
Abbildung 28: Vergleich der pronasalen Empfindung zwischen Nichtrauchern und Rauchern	58
Abbildung 29: Geschmackserkennung in Abhängigkeit zur Zigarettenmenge.....	60
Abbildung 30: Geruchserkennung in Abhängigkeit zur Zigarettenmenge	61
Abbildung 31: Geruchserkennung und hormonelle Verhütung	62

1 Einleitung und Fragestellung

Allein im deutschsprachigen Raum sind ca. 70.000 Personen von einer veränderten Geruchswahrnehmung betroffen. Eine Beeinträchtigung des olfaktorischen sowie des gustatorischen Sinnes geht mit einer allgemein verminderten Lebensqualität einher. Die Ursachen, die zur reduzierten Sinnesempfindung führen, reichen von Erkrankungen wie Schädeltraumen, Parkinson oder Alzheimer bis hin zu Infektionen des Respirationstrakts. Neben diesen Faktoren beeinflusst auch das Rauchen diese beiden Sinnesmodalitäten. Trotzdem ist dieser Tatsache bisher weniger Aufmerksamkeit geschenkt worden. Aufgrund der hohen Prävalenz an Rauchern in Deutschland müsste der Effekt des Zigarettenrauchens jedoch erheblich zu einer verminderten Empfindungsstärke beitragen [VENNEMANN et al., 2008].

Der Tabakkonsum verändert das Oberflächenepithel der Mundhöhle oder zerstört es gänzlich, wodurch in weiterer Folge eine normal ausgeprägte Geruchs- und/oder Geschmacksleistung beeinträchtigt sein kann [PEPINO et al., 2009]. Außerdem zeigten PAVLOS et al. [2009], dass durch das Rauchen morphologische Veränderungen der Oberfläche von Pilzpapillen entstehen können.

Vorangegangene Studien befassten sich zunehmend mit den Veränderungen, die durch das Rauchen verursacht werden. Für die Ermittlung der Geschmackssensibilität wurden oft nur vier der fünf Geschmacksqualitäten in die Forschungen einbezogen [VENNEMANN et al., 2008; GROMYSZ-KALKOWSKA et al., 2002; PLETSCH et al., 2008].

Weltweit rauchen circa 250 Millionen Frauen [PEPINO und MENNELLA, 2007], weshalb sich die vorliegende Masterarbeit mit den Einfluss und Auswirkungen des Zigarettenrauchens auf die Geruchs- und Geschmacksempfindung bei

Frauen befasst. Darüber hinaus wird die retronasale Empfindungsstärke hinsichtlich des Rauchverhaltens näher erforscht.

Zusätzlich soll ein allgemeiner Fragebogen Aufschluss über eventuelle Zusammenhänge und Einflussfaktoren des Rauchens auf die beiden chemischen Sinne geben.

2 Literaturübersicht

2.1 Tabakprodukte

Zu den Tabakwaren zählt man Zigaretten, Zigarillos, Zigarren, Pfeifentabak und Feinschnitt [KNOBLICH et al., 1996].

Um verarbeitungsbedingte Verluste des Eigenflavours des Tabaks wieder herzustellen werden häufig Aromastoffe verwendet. Tabak besteht aus über 4000 ursprünglich vorhandenen Inhaltsstoffen, einige davon gehen durch die Verarbeitung verloren und werden später wieder zugesetzt [ROSENBLATT et al., 1998].

2.1.1 Raucher in der europäischen Union

In den Ländern der Europäischen Union (EU) werden überwiegend Filterzigaretten geraucht [EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2010].

Aus der nationalen Gesundheitserhebung des HIS (Health Interview Surveys) geht hervor, dass im EU-Vergleich die nördlicheren EU-Länder wie Finnland (21,6%) und Schweden (16,5%) den geringsten Raucheranteil in der Bevölkerung aufweisen. Zeigte die Studie, ausgenommen für Schweden, dass vorwiegend Männer rauchen. Dies gilt auch (noch) für Österreich. Darüber hinaus ergab die Datenerhebung für die EU, dass in Österreich und Dänemark die höchste Inzidenz bei den Frauen gegeben ist. Diese lag bei etwas über 30%. In den baltischen Ländern Estland und Lettland hingegen zählen laut dieser Erhebung knapp 50% der Männer zur Gruppe der Raucher [GESUNDHEIT EUROSTAT., abgerufen am 27.01.2013].

2.1.2 Raucher in der österreichischen Bevölkerung

2.1.2.1 Geschlechterverteilung

Im Laufe der vergangenen Jahrzehnte hat sich in der österreichischen Bevölkerung der Konsum von Tabakwaren stark verändert (Abb. 1). Waren Produkte aus Tabak seit jeher ein überwiegend den Männern vorbehaltenes Genussmittel, hat sich der Konsum an Tabak in den letzten Jahrzehnten einem geschlechtsneutralen Verbrauch angenähert. Laut STATISTIK AUSTRIA lagen die Raucher 1972 nach der Vollendung des 16. Lebensjahres noch um 28,9 % vor den Raucherinnen. Diese Differenz verringerte sich bis zum Jahr 2006/2007 zugunsten der Männer auf 8,1 %. Somit verbrauchten 2006/2007 im Durchschnitt 27,5 % der Männer und 19,4 % der Frauen täglich Tabakwaren [STATISTIK AUSTRIA, 2010].

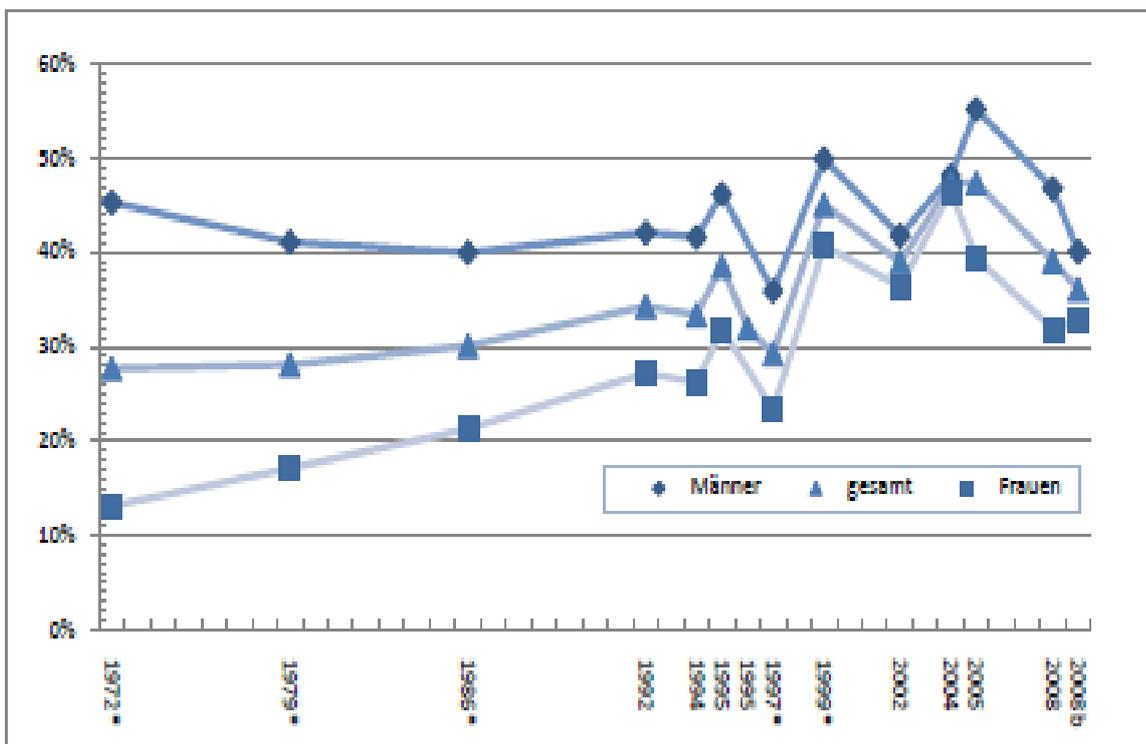


Abbildung 1: Anzahl der Raucher und Raucherinnen in Österreich [UHL et al., 2009a]

2.1.2.2 Alter

38 % der österreichischen Bevölkerung rauchen [BMG, 2008]. 6 % der Frauen greifen noch vor Vollendung des 13. Lebensjahres zu Tabakwaren, beginnen circa 25 % vor dem 15. Lebensjahr Tabak zu konsumieren. Circa 33 % der jungen Österreicher konsumieren bis zur Vollendung des 17. Lebensjahres bereits regelmäßig Tabakwaren (Abb. 2). 15 % der 15 bis 19-Jährigen Jugendlichen Raucher verbrauchen entweder mehr als 20 Zigaretten oder zwischen 10-19 Stück täglich [BMG, 2008; STATISTIK AUSTRIA, 2010].

Dabei zählen heute die Frauen früher zu den Konsumenten als die Männer. Laut STATISTIK AUSTRIA rauchen 15-jährige Jungen um 4,2 % häufiger als ihre weiblichen Geschlechtsgenossen [STATISTIK AUSTRIA, 2010].

Bei den Erwachsenen ist dieser Unterschied in entgegengesetzter Richtung ausgeprägt. Demnach zählen 43 % der Männer und 34 % der Frauen zu den täglich rauchenden [BMG, 2008].

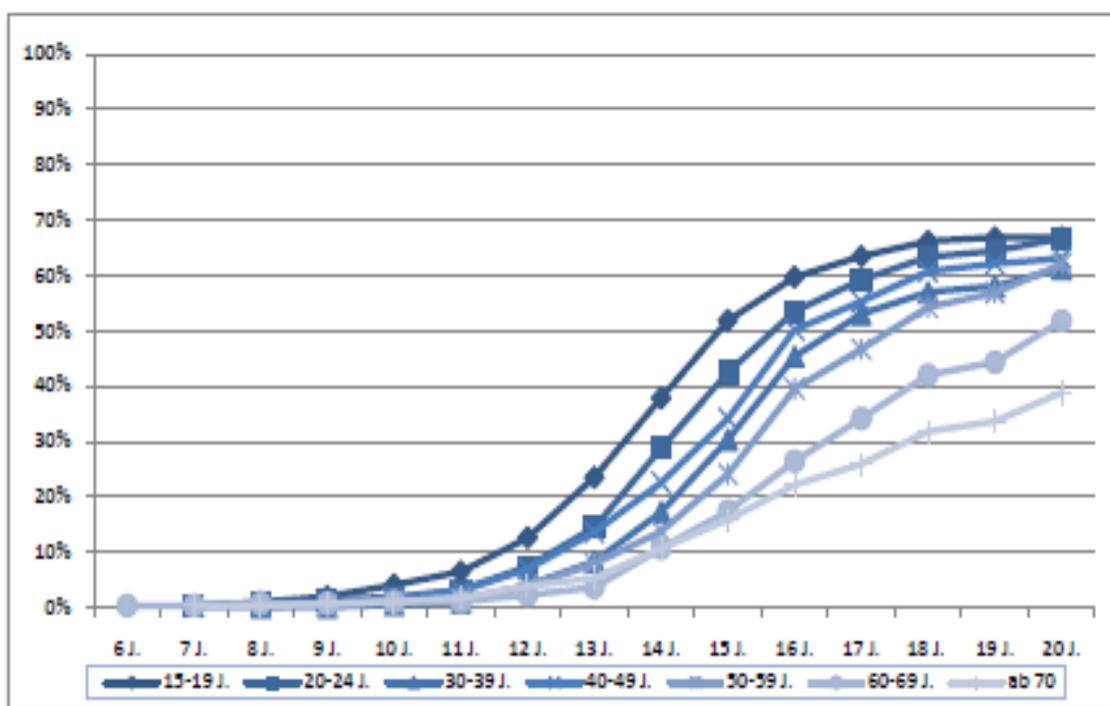


Abbildung 2: Darstellung des Tabakwarenkonsum-Einstiegsalters [UHL et. al., 2009b]

2.1.2.3 Bundesländervergleich

Die Verteilung der Raucher in Österreich ist folgendermaßen: am Häufigsten wird im Burgenland geraucht (27,5 %) wobei Tirol mit 26,1 % folgt und vor Vorarlberg (25,5 %) an zweiter Stelle liegt. Salzburg (24,7 %) hat gering mehr Raucher als Wien (24,6 %). Oberösterreich (22,7 %), Kärnten (22,3 %) sowie Niederösterreich (21,8 %) liegen vor der Steiermark, welches mit 20,1 % das Bundesland mit dem geringsten Raucheranteil im österreichischen Bundesländervergleich ist [STATISTIK AUSTRIA, 2010].

2.2 Der Geruchssinn

Der Geruchssinn zählt gemeinsam mit dem Geschmackssinn zu den chemischen Sinnesmodalitäten. Diese beiden Sinne unterscheiden sich deutlich in der Art der Wahrnehmung [HÜTTENBRINK et al., 2009].

Der Geruchssinn wird oft auch als Fernsinn bezeichnet. Flüchtige geruchsintensive Verbindungen die in der Luft vorkommen, treten mit spezialisierten Rezeptorzellen des Riechepithels in Wechselwirkung. Somit können Geruchsstoffe über Distanzen hinweg wahrgenommen werden [HÜTTENBRINK et al., 2009; MOMBAERTS, 2004].

2.2.1 Anatomie des Geruchssinnes

Die speziellen primären Riehzellen sind in der Riechschleimhaut (*Regio olfactoria*) lokalisiert. Als primäre Sinneszellen bezeichnet man spezialisierte Nervenzellen – die Neuronen – welche selbst Aktionspotentiale ausbilden. Sie leiten aufgenommene Geruchsstoffe nach einer erfolgten Signaltransduktion an das Riechzentrum im Gehirn weiter. Die Riechschleimhaut selbst befindet sich am Nasendach und hat in etwa eine Größe von 2,5 cm². Zwischen den Riehzellen befinden sich Stützzellen, welche in eine Schleimschicht eingebettet sind. Diese Schicht wird von speziellen Drüsen, den Bowmanschen

Drüsen, gebildet. Darin müssen sich die flüchtigen chemischen Moleküle lösen, um anschließend in ein bioelektrisches Signal umgewandelt werden zu können [BUCK und AXEL, 1991; GRAZIADEI und GRAZIADEI, 1979].

Eine Besonderheit dabei ist, dass diese spezialisierten Sinneszellen nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von zirka 60 Tagen mittels mitotischer Zellteilung durch die Basalzellen erneuert werden. Bei den Basalzellen handelt es sich um die noch undifferenzierten Vorläuferzellen der Riechzellen [KLIMEK et al., 2000; BUCK und AXEL, 1991].

Differenziert nun eine Basalzelle zur spezialisierten Riechsinnesezelle aus, streckt sich diese dabei so weit bis sie die gesamte Schleimhaut durchzieht. Der Fortsatz an der apikalen Seite bildet den Endkolben und steht somit mit der Außenwelt in Verbindung und fasst dabei zwischen fünf bis zwanzig feine zilienförmige Fortsätze. Diese vielen einzelnen feinen Härchen werden in der Riechschleimhaut zusammengepackt und bilden dort ein verdichtetes Netz. Dieses so zusammengepackte Netz dient als chemorezeptive Oberfläche. Der so gebündelte Zellkörper läuft an der basalen Seite als ein einziges langes dünnes Axon aus. Benachbarte Axone (= *Fila olfactoria*) werden wiederum gebündelt und treten durch die im Schädelknochen (Siebbein) vorhandenen Löcher. Diese Nervenfasern werden zu Glomeruli verdichtet. Der so umgewandelte Geruchsreiz wird an eine Mitralzelle weitergeleitet, welche über den *Tractus olfactorius* direkt mit dem primären Riechzentrum (*Bulbus olfactorius*) im Gehirn verbunden ist. Im Riechzentrum des Gehirns erfolgt abschließend die eigentliche Geruchswahrnehmung (Abb. 3) [BUCK und AXEL, 1991].

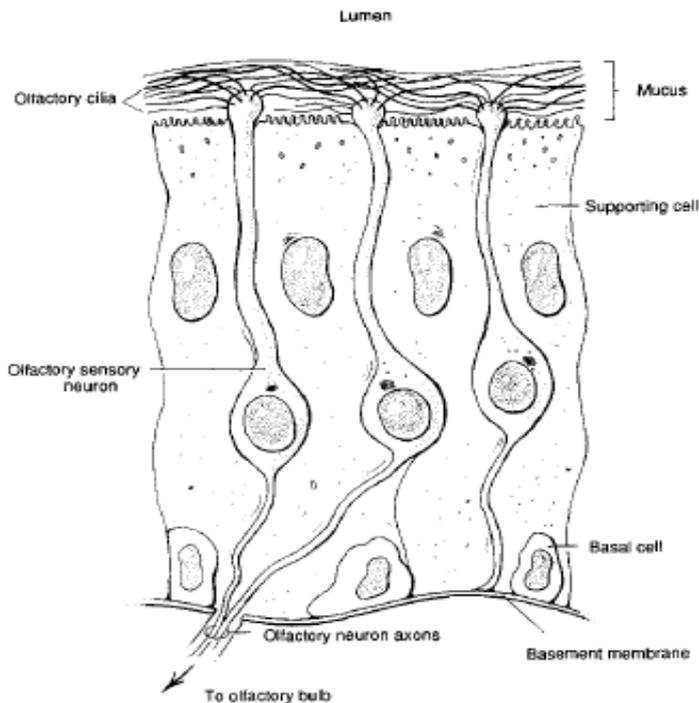


Abbildung 3: Geruchswahrnehmung - olfaktorisches Epithel [BUCK und AXEL, 1991]

2.2.2 Physiologie des Geruchssinnes

1991 entdeckten BUCK und AXEL Gene, welche für die Kodierung der olfaktorischen Rezeptorproteine zuständig sind [BUCK und AXEL, 1991].

Der Mensch besitzt mehr als 1.000 Gene allein für die Geruchswahrnehmung. Tatsächlich aktiv sind davon aber nur etwas mehr als 350, dies entspricht einem Drittel. Dieses Phänomen ist damit zu erklären, dass ein einzelner Geruchsrezeptor nicht nur auf einen einzigen Duft reagiert, sondern vielmehr auf strukturelle Ähnlichkeiten [SHEPHERD, 2006].

Die erste Voraussetzung einer Geruchswahrnehmung ist die Detektion durch sogenannte G-Protein-gekoppelte Proteine, wodurch ein Sinneseindruck mithilfe der Riechzellen entstehen kann [LIBERLES und BUCK, 2006].

Dazu ist es erforderlich, dass diese Moleküle zunächst in elektrische Impulse umgewandelt werden. Darüber hinaus ist es von Bedeutung, dass die

Geruchsverbindungen die Riechrezeptoren überhaupt erreichen und in der Riechschleimhaut als gelöste Substanzen vorliegen. Ist ein Geruchsstoff an den Riechrezeptor gebunden, wird ein an den Rezeptor gekoppeltes G-Protein und daran nachfolgend das Enzym Adenylatzyklase III (Ac) aktiviert, wodurch es zur Bildung des sekundären Botenstoffs cAMP (cyclisches Adenosinmonophosphat) kommt. cAMP erregt die Kationenkanäle und es kommt zum Einstrom von Natrium und Calcium in die Riechzellen. Das einströmende Calcium bewirkt die Öffnung der Chlor-Ionenkanäle. Dadurch wird ein Chlor-Ausstrom bewirkt. Dieser Vorgang führt zu einer Ladungsänderung, die bei ausreichender Konzentration eine Depolarisierung verursacht. Daran nachfolgend wird ein Aktionspotential über die Axone weitergeleitet. Das anfänglich chemische vorliegende Signal wird somit in ein elektrisches Duftsignal umgewandelt (Abb. 4) [BUCK und AXEL, 1991; KNECHT et al., 1999].

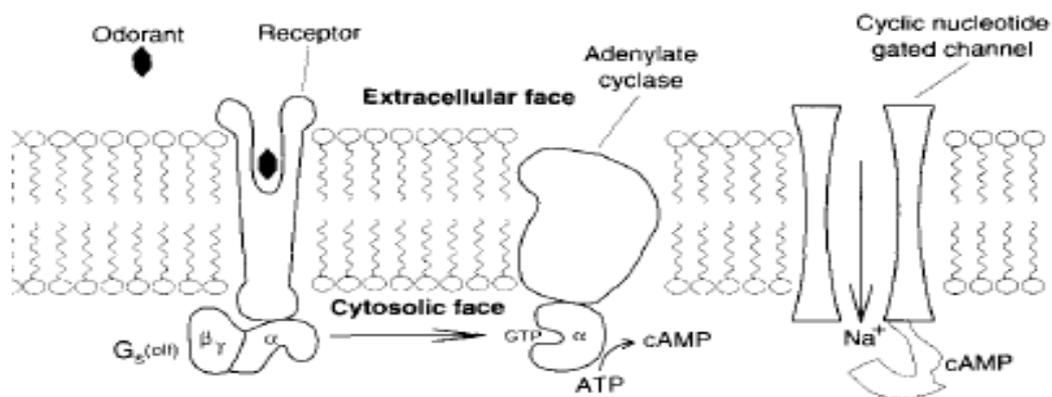


Abbildung 4: Olfaktorische Signaltransduktion [BUCK und AXEL, 1991]

2.2.3 Retronasale Wahrnehmung

Über die anatomische Verbindung der Mundhöhle über die Rachenhöhle, gelangen Nahrungsaromen bis zum Riechepithel, wodurch es zur retronasalen Duftempfindung kommt. Diese Art des retronasalen olfaktorischen Eindrucks ruft eine gustatorische Empfindung hervor [LAWLESS et al., 2005; SHEPHERD, 2006].

Demzufolge müssten Personen, die an einer Riechstörung leiden, auch nicht in der Lage sein Geruchsstoffe retronasal wahrzunehmen. Das entspricht aber nicht ganz der Realität. Einer Studie zufolge war es nicht nur den Anosmikern sondern auch manchen Normosmikern unmöglich Geruchssubstanzen spontan zuzuordnen [HUMMEL et al., 2005].

Der Zusammenhang des Riechsinn auf die eigentliche Geschmackswahrnehmung, ist den meisten weitgehend unbekannt. Obwohl viele Patienten, die an dem Verlust oder der Beeinträchtigung des Geruchssinnes leiden, wird von einem Geschmacksverlust gesprochen. Der „Geschmacksverlust“ wird als häufiger Grund für den verminderten Genuss beim Essen genannt. Aufgrund technischer Herausforderungen existiert für die Untersuchung der retronasalen olfaktorischen Empfindung noch kein gängiger Test der bei der klinischen Routineuntersuchung zur Geruchswahrnehmung angewendet werden könnte [LANDIS et al., 2003].

2.2.4 Klassifikation von Gerüchen

Bis zur exakten molekularen Entschlüsselung der olfaktorischen Rezeptoren waren die molekularen Anforderungen der geruchsaktiven Substanzen für eine Geruchsempfindung weitgehend unklar [REED, 2004].

Die Wahrnehmung der Gerüche ist einerseits von der Molekülgröße sowie der spezifischen chemischen Struktur abhängig. Entscheidend sind auch die Art und die Menge der angefügten polaren Gruppen eines Geruchsstoffes. Folglich ist auch die Position der lipophilen Molekülelemente eines Geruchsstoffes für die hervorgerufene Geruchsqualität ausschlaggebend [DANIEL und REHNER, 2010; COMETTO-MUNIZ und ABRAHAM, 2010].

In der olfaktorischen Wahrnehmung wird allgemein zwischen zwei Schwellen differenziert, der Wahrnehmungsschwelle und der Erkennungsschwelle. Bedeutet die Erkennungsschwelle die Identifikation eines Geruches, wofür zugleich eine höhere Konzentration der Duftmoleküle benötigt wird, wird bei der Wahrnehmungsschwelle das Aroma lediglich als Geruch wahrgenommen nicht

aber genau erkannt. Daraus ergibt sich, dass für die Wahrnehmungsschwelle geringere Konzentrationen des Duftstoffes ausreichend sind [KLIMEK et al., 2000; MOMBAERTS, 2004].

Der Mensch ist in der Lage rund 10.000 Gerüche zu unterscheiden, doch besteht ein großes Defizit an der verbalen Klassifizierung und Ausdrucksfähigkeit von einzelnen Duftklassen. Trotz der sehr guten biochemischen, physiologischen oder psychophysischen Analysen ist bis heute weder eine klare, zufriedenstellende Abgrenzung noch eine umfassende Zuteilung von Geruchsklassen gelungen [HATT, 2007].

Verschiedenste Ansätze einer Geruchsklassifikation und Zuordnung entwickelten bereits Forscher wie ZWAARDEMAKER und AMOORE [DOTY, 1997].

Dennoch ist Ihnen keine eindeutige und zufriedenstellende Zuordnung der zahlreichen Aromen gelungen. Einen neueren Ansatz zur Einteilung der Gerüche verfolgt WARRENBURG [2005]. Er befasst sich mit dem sogenannten „Mood Mapping“. Die Reliabilität beruht auf Geruchsassoziationen von fertigen Gerichten oder einzelnen Geruchsstoffen. Dabei müssen die Probanden die Düfte acht vorgegebenen Gemütszuständen zuordnen, die durch das Aroma ausgelöst werden. Die so erstellte „Mood Map“ vergleicht verschiedene Gerüche miteinander und wird mit einer hoher/niedriger und positiver/negativer Gemütslage dargestellt [WARRENBURG, 2005].

2.2.5 Olfaktorische Störungen

Für die Entstehung olfaktorischer Störungen sind zahlreiche Ursachen bekannt, die mit dem Verlust oder einer Einschränkung des olfaktorischen Eindrucks führen. Medikamenteneinnahme, Virusinfektionen die eine Schädigung des Riechepithels verursachen, neurodegenerative Erkrankungen, fortschreitendes Alter, das Vorhandensein von Nasenpolypen – wodurch Gerüche das Riechepithel nicht mehr im Vollen Ausmaß erreichen können, sind unter anderem mögliche Faktoren die zu Störungen der Geruchwahrnehmung führen. Ebenso gelten neurodegenerative Erkrankungen wie Parkinson oder Alzheimer

als Ursache einer veränderten olfaktorischen Empfindung. Bei 95 % der vom Idiopathischen Parkinsonsyndrom (IPS) betroffenen Personen zeigt sich diese Erkrankung zuallererst durch Störungen der Geruchswahrnehmung. Diese Tatsache könnte somit als ein Symptom zur schnelleren Diagnose bei IPS herangezogen werden [HUMMEL et al., 2011].

Die normal ausgeprägte Geruchswahrnehmung wird als Normosmie bezeichnet. Es wird zwischen qualitativen und quantitativen Störungen unterschieden. Dabei handelt es sich um eine verminderte bzw. verstärkte oder gar einer gänzlich verzerrten Empfindung [KLIMEK et al., 2000].

2.2.5.1 Quantitative Störungen der Geruchswahrnehmung

Bei einem verminderten Geruchseindruck spricht man von einer Hyposmie. Die verstärkte Wahrnehmung bezeichnet hingegen eine Hyperosmie. Bei einem vollständigen Verlust des Riechvermögens handelt es sich um eine Anosmie. Diese Anosmie kann aber auch nur partiell vorliegen, das heißt, aufgrund fehlender geeigneter Rezeptorzellen können bestimmte Substanzen nicht richtig detektiert werden [KLIMEK et al., 2000].

2.2.5.2 Qualitative Störungen der Geruchswahrnehmung

Dysosmien sind qualitative Geruchsstörungen. Dazu zählen unter anderem die Parosmie und die Phantosmie. Werden bei der Phantosmie inexistenten Gerüche wahrgenommen, beschreibt die Parosmie eine falsche Empfindung der Gerüche [DOTY et al, 2006].

Eine Kakosmie lässt eigentliche Wohlgerüche faulig, stinkend oder unangenehm empfinden. Das Gegenteil zur Kakosmie ist die sogenannte Euosmie. Hierbei werden alle Düfte als sehr angenehme Wohlgerüche, dennoch aber falsch wahrgenommen [DOTY et al, 2006; KLIMEK et al, 2000].

2.2.6 Faktoren die den Geruchssinn beeinflussen

2.2.6.1 Geschlecht

TOULOUSE und VASCHIDE stellten schon im Jahr 1899 fest, dass zwischen den Geschlechtern in der Geruchswahrnehmung Unterschiede bestehen. So benötigen Frauen für Aromen sowohl eine allgemeine niedrigere Schwellenkonzentration als auch eine niedrigere Diskriminationsschwelle als Männer [OLOFFSON und NORDIN, 2004].

Frauen haben somit einen deutlich sensibleren und besser ausgeprägten Geruchssinn als Männer. Die Gründe dafür sind noch nicht vollständig erforscht. Möglicherweise spielen hormonelle sowie auch genetische Faktoren eine entscheidende Rolle für ein besseres Geruchsvermögen [KNECHT et al., 1999].

In einer labordiagnostischen Untersuchung wurden zehn unterschiedliche Konzentrationen von Pyridin dargeboten. Dabei benannten Frauen den Geruch bereits bei niedrigeren Konzentrationen als unangenehm als die Männer [BROMAN und NORDIN, 2000].

2.2.6.2 Alter

Über 50-jährige Personen sind bis zu 25% von einer beeinträchtigten Geruchswahrnehmung betroffen. Eine von MURPHY et al. [2002] in Amerika durchgeführte Studie beschreibt ein erhöhtes Vorliegen von Riechstörungen für über 80-jährige Personen.

Der allgemeine strukturelle Abbau in der Nase, der Haut, der Muskeln und der Mucosa spielt dabei eine bedeutende Rolle. Damit einhergehend sind ältere Personen häufiger mit Nasentrockenheit und einer Atropie konfrontiert [SALZANO et al., 2010].

Das Alter nimmt einen stärkeren Einfluss auf die Abnahme der Geruchsempfindung als das Zigarettenrauchen. Dabei hat die konsumierte tägliche Zigarettenmenge einen erheblichen Einfluss auf die Geruchsleistung. Die Ursachen für altersbedingte Veränderungen der olfaktorischen Empfindung

sind oftmals von multifaktoriellem Ursprung. So können im Leben gehäuft aufgetretene Zerstörungen der Riechrezeptoren, die Verknöcherung des Siebbeins oder die Entwicklung von neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer oder Parkinson zur Abnahme der Riechfähigkeit führen [DOTY et al., 2006].

2.2.6.3 Virusinfektionen

Als häufige Ursache für Störungen der Riechleistung gelten Virusinfektionen. Dabei kommt es vorübergehend oder dauerhaft zu einer Hyposmie oder gar einer Anosmie. Zudem existiert eine Altersabhängigkeit für postvirale olfaktorische Störungen, welche den Zenit im Alter zwischen 60-70 Jahren erreicht. Vermutlich basiert dies auf einer verminderten Regenerationsfähigkeit des Riechepithels [KLIMEK et al., 2000].

Patienten mit einem Trauma und Postinfektionen entwickeln zudem häufiger Parosmien und/oder Phantosmien als Hyposmien [ROMBAUX et al., 2006].

2.2.6.4 Medikamente

Durch Medikamenteneinnahme hervorgerufene Riechstörungen, liegen unterschiedlichste Wirkungsmechanismen zugrunde. So können diverse Störungen durch eine Inhibition der Riechrezeptoren hervorgerufen werden, wodurch der Ionenkanal, das G-Protein oder die IP₃-Bildung beeinflusst wird. Häufig werden Riechstörungen bei der Gabe von sogenannten ACE-Hemmern (Angiotensin-Converting Enzyme) beobachtet, welche zur Behandlung von Hypertonie eingesetzt werden. Bei einer Behandlungsdauer von mehr als einem Monat können diese ACE-Hemmer bei 5-8 % der Patienten eine gestörte Geruchs- und Geschmacksempfindung bedingen [KLIMEK et al., 2000].

Die Einnahme von Medikamenten können Veränderungen in der Nasenschleimhaut hervorrufen, wodurch wiederum Riechstörungen auftreten können [STEINBACH et al., 2008].

Häufig verordnete Medikamente wie Antibiotika, Antirheumatika, Antidepressiva oder Chemotherapeutika beeinflussen die Geruchswahrnehmung darüber hinaus ebenfalls ungünstig [HUMMEL et al., 2011].

2.2.6.5 Diabetes mellitus

Diabetes mellitus wird immer wieder in Verbindung mit Beeinträchtigungen des Geruchssinnes gebracht, dabei liegt aber eher eine allgemeine olfaktorische Störung als eine Anosmie oder Hyposmie vor [BRÄMERSON et al., 2004].

Forscher beobachten, dass eine olfaktorische Minderung eine Korrelation in Abhängigkeit zum Ausmaß der Makroangiopathie zeigt [KLIMEK et al., 2000].

In einer Untersuchung bezüglich der Häufigkeit an einer gestörten Geruchsempfindung zeigte sich jedoch keinerlei Differenz zwischen den Diabetikern und dem restlichen Studienkollektiv [LANDIS et al., 2004].

2.2.6.6 Luftverschmutzung

Eine Vielzahl verschiedener Schadstoffe können Riechstörungen verursachen. Vor allem schwefelhaltige Substanzen wie Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxid. Neben Schwermetallen wie Blei, Cadmium und Chrom sowie Lösungsmitteln wie z. B. Aceton oder Formaldehyd stehen noch zahlreiche weitere Stoffe in Verdacht, olfaktorische Veränderungen hervorzurufen und/oder zu begünstigen. Trotz allem bedarf es weitere Forschungen zu den Umwelteinflüssen auf eine olfaktorische Wahrnehmungsstörung [DOTY und HASTINGS, 2001].

2.2.6.7 Schwangerschaft

Schwangere zeigen oftmals eine veränderte, vorwiegend eine intensivere, olfaktorische Wahrnehmung. Die Ursachen und Hintergründe dafür sind bisher noch nicht gänzlich geklärt [SIPORA et al., 2000].

Frauen, die Aversionen gegen bestimmte Gerüche entwickeln, haben oft auch gehäufte gustatorische Abneigungen gegen bestimmte Lebensmittel [PLETSCH et al., 2008].

2.2.7 Methoden zur Feststellung der Empfindlichkeit des Geruchssinnes

2.2.7.1 Sniffin´Sticks

Bei den von HUMMEL und KOBAL entwickelten Sniffin´Sticks handelt es sich um Riechstifte für Geruchstests die von der Firma BURGHARDT MEDIZINTECHNIK (Deutschland) hergestellt werden (Abb. 5). Dieser Test umfasst laterale oder bilaterale Schwellen-, Identifikations- und Diskriminationstests. Aus diesen drei Testverfahren kann ein TDI-Score (Treshold / Discrimination / Identification) ermittelt werden, folglich kann eine Aussage über das Riechvermögen getroffen werden [ROMBAUX et al., 2006]. Gesunde Probanden im Alter zwischen 36-55 Jahren haben einen TDI Wert von 28,8 bei der 10. Perzentile. Für Personen von über 55 Jahren gilt ein TDI-Score von 27,5 als normal. Eine funktionelle Anosmie liegt bei einem TDI-Score von unter 16 vor. Wird ein TDI-Score zwischen 16 und 28 erreicht, leiden die Patienten an einer Hyposmie [ROMBAUX et al., 2006].



Abbildung 5: 16 Sniffin´Sticks Identifikationstest [BURGHART MEDIZINTECHNIK, 2013]

- Identifikationstest:

Der Identifikationstest zählt 16 Sniffing´Sticks und dient einer ersten Abschätzung über ein fehlendes, vermindertes oder normal ausgeprägtes Riechvermögens. Diese Riechstifte enthalten unterschiedlichste Gerüche in überschwelligen Konzentrationen. Die Testperson erhält eine Auflistung von möglichen Geruchssubstanzen mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten pro Stift und muss den Geruchsstoff entsprechend den Begriffen zuordnen [STEINBACH et al., 2008].

Bei einem Identifikationstest von 12 Riechstiften stellten VENNEMANN et al. [2008] fest, dass erste Hinweise für eine mögliche Anosmie bei eins bis sechs erkannten Gerüchen gegeben sind. Anzeichen einer Hyposmie liegen bei Werten zwischen sieben bis zehn identifizierten Duftstoffen vor. Ergebnisse zwischen elf und zwölf deuten auf eine normale Geruchsempfindung hin.

- Diskriminationstest:

Der Diskriminationstest umfasst 16 Triplets. Jedes dieser Triplets hat jeweils zwei gleich riechende Stifte und einer ist davon abweichend. Der abweichende Stift ist von den Testpersonen als solcher zu identifizieren, wobei an jedem Stift nur einmal gerochen werden darf [HUMMEL et al., 2011].

- Schwellentest:

Die individuelle Riechschwelle wird durch jeweils zwei gleiche Stifte, die keinen Geruch beinhalten, und einen dritten davon abweichenden ermittelt. Dieser enthält n-Butanol in unterschiedlichen Verdünnungsstufen. Bei der Testdurchführung werden die Triplets nach einem vorgegebenen Ablauf in an- und absteigender Reihenfolge zum Riechen angeboten. Bei Erreichen von sieben Wendepunkten wird die individuelle Erkennungsschwelle ermittelt [STEINBACH et al., 2008].

2.2.7.2 UPSIT – University of Pennsylvania Smell Identification Test

Ein häufig verwendeter Test zur Geruchsidentifikation wurde von der University of Pennsylvania (UPSIT) entwickelt. Dabei handelt es sich um ein quantitatives standardisiertes und gut validiertes Testverfahren mit 40 eingekapselten Geruchsstoffen und zugleich einer hohen Reliabilität [DOTY et al., 1984].

Der von den UPSIT weiter entwickelte B-SIT (Brief Smell Identifications Test) bzw. CT-SIT (Cross Cultural Smell Identifications Test) enthält zwölf der verwendeten Geruchsstoffe des UPSIT. Diese beiden Testverfahren ermöglichen die Erfassung einer verminderten und normalen Geruchswahrnehmung. Dabei wird aber nicht das Ausmaß der Verminderung registriert [STEINBACH et al., 2008].

2.2.7.3 Connecticut Chemosensory Clinical Research Center Test

Dieser Test ist eine Kombination eines Schwellen- und Identifikationsstests. Dafür werden den Patienten unterschiedliche Konzentrationen von in Flaschen (sogenannte Squeeze-Bottles) abgefülltem n-Butanol dargeboten. Die Geruchsschwelle des Patienten wird anhand der mittleren benötigten Squeeze-Bottles ermittelt. Der Identifikationsstest ist so konzipiert, dass acht Flaschen unterschiedliche Gerüche enthalten und diese anhand einer Liste mit 16 Geruchsbegriffen zugeordnet werden müssen. Entwickelt wurde die Methode von CAIN und RABIN [HUMMEL et al., 1997].

2.3 Der Geschmackssinn

Im Gegensatz zum Geruchssinn, der auch als Fernsinn definiert ist, spricht man beim Geschmackssinn auch von einem Nahsinn. Hierfür ist ein direkter Kontakt der schmeckenden Substanz und des spezifischen Geschmacksrezeptors erforderlich [HÜTTENBRINK et al., 2009; MOMBAERTS, 2004].

2.3.1 Anatomie des gustatorischen Sinnes

Die aus Sinneszellen aufgebauten Geschmacksknospen, sind über die gesamte Mundhöhle verteilt und im Epithel der Papillenwände eingebettet. Diese Papillen in der Schleimhaut des Zungenrückens sind als kleinste Ausbuchtungen erkennbar, welche der Oberflächenvergrößerung dienen. Ihrer Form nach werden die Papillen in folgende vier Gruppen eingeteilt:

- die Wall- (*Papillae vallatae*)
- Pilz- (*Papillae fungiformes*)
- Blätter- (*Papillae foliatae*) und
- Fadenpapillen (*Papillae filiformes*)

[KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996; ARVIDSON und FRIBERG, 1980].

Die *Papillae filiformes* dient hauptsächlich der Tastempfindung. An der Oberfläche der einzelnen Geschmacksknospen befindet sich eine Schleimschicht die mit dem Geschmacksporus, eine mit Flüssigkeit gefüllte Einbuchtung, ausgekleidet ist (Abb. 6) [KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996; ARVIDSON und FRIBERG, 1980].

Zwischen den einzelnen zahlreichen Papillen liegen die Spüldrüsen. Der Speichel dient der Geschmacksknospenreinigung sowie der Erleichterung der Andockung der Geschmacksmoleküle an die Rezeptoren. Darüber hinaus wird mithilfe zahlreicher Mikrovilli die Oberfläche der Pore stark vergrößert [GUTIERREZ und SIMON, 2011; YARMOLINSKY et al., 2009].

Die größte Anzahl der 2000 – 4000 Geschmacksknospen befinden sich auf der Zungenoberfläche, wobei auch der weiche Gaumen, die Wange, die hintere Rachenwand und der Kehldeckel gustatorische Sinneszellen aufweisen. Die *Papillae fungiformes* besitzen nur etwa drei bis vier solcher Geschmacksknospen, die *Papillae foliatae* haben über etwa 50 davon und die *Papillae vallatae* weisen oft weit über 100 Geschmacksknospen auf [BRESLIN, 2013].

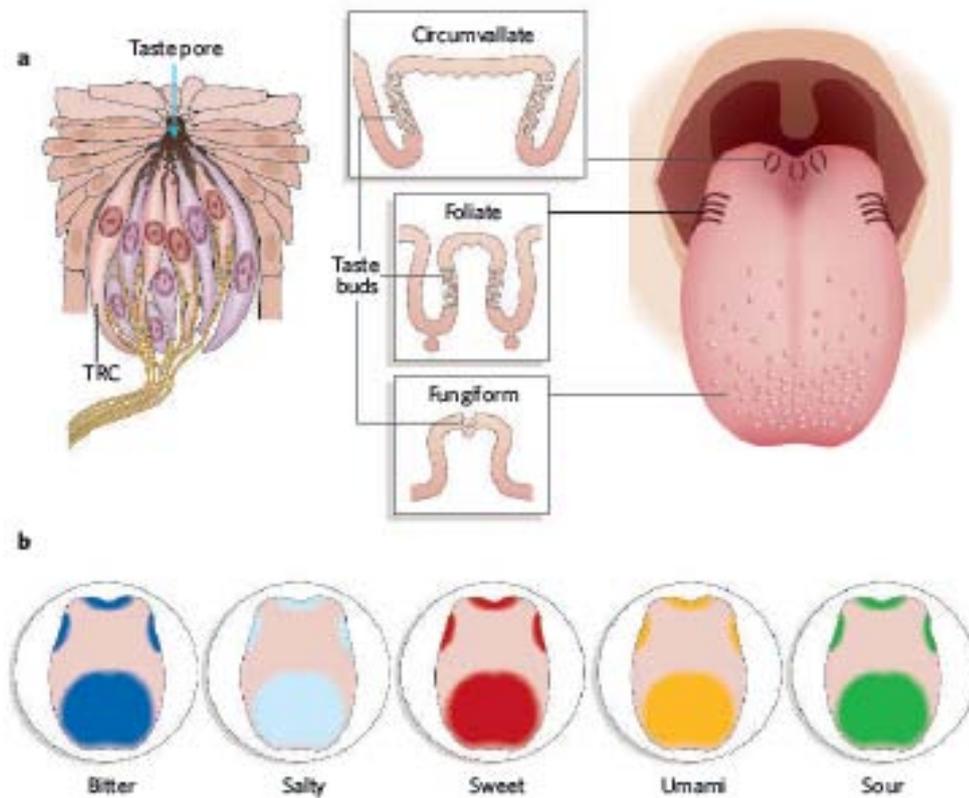
Jede dieser Geschmacksknospen enthält wiederum eigene Rezeptorzellen, die wie aus der Abb. 6 hervorgeht, spaltenförmig angeordnet sind [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Die Geschmackssinneszelle differenziert nach einer ungefähren Lebensdauer von zehn Tagen aus den Basalzellen neu aus [LINDEMANN, 2001].

Im Gegensatz zum Geruchssinn besitzt jedoch der Geschmackssinn keine primären, sondern sekundäre Sinneszellen. Das bedeutet, dass kein Axon für die Signalweiterleitung an das Gehirn vorhanden ist. Vielmehr wird das gustatorische Reizsignal der Wall- und Blätterpapillen durch den *Nervus glossopharyngeus* (*Nervus IX*) bewerkstelligt. Die Reizübertragung der Pilzpapillen erfolgt durch den *Nervus facialis* (VII). Die Reize der Geschmacksknospen des Rachens und des Kehldeckels werden wiederum durch die afferenten Nervenfasern des *Nervus vagus* (X) an das Gehirn geleitet [BRESLIN, 2013].

Diese drei Nervenfasern münden gemeinsam in die sogenannte *Medulla oblongata*, worauf sie anschließend über den *Nucleus tractus solitarii* weiterlaufen und schlussendlich im Hirnstamm münden [BACHMANOV und BEAUCHAMP, 2007].

Trigeminale Reize von Scharfstoffen (wie Pfeffer oder Menthol) werden durch Nozizeptoren, mittels der freien Nervenenden des *Nervus trigeminus* (V) vermittelt [GRAVITZ, 2012].



TRC = Taste Receptor Cells

Abbildung 6: Geschmacksknospe und Wahrnehmung der Basalqualitäten

- Geschmacksknospe
- Wahrnehmung der Basalqualitäten [CHANDRASHEKAR et al., 2006]

2.3.2 Physiologie des Geschmackssinnes

Bekannt sind die folgenden fünf Grundgeschmacksqualitäten:

- Süß
- Sauer
- Salzig
- Bitter
- Umami

Die hervorgerufenen Empfindungen dieser fünf Basalqualitäten werden von spezialisierten Sinneszellen an das Gehirn weitergeleitet [CHEN et al, 2011].

Durch eine Bindung der Geschmacksmoleküle bitter, süß und umami an die jeweiligen spezifischen Rezeptoren wird ein heterodimeres G-Protein aktiviert. Das G-Protein zerfällt in seine Untereinheiten G- α und G- $\beta\gamma$. Es folgen verschiedene Kaskaden der Signaltransduktion, an deren Ende die Auslösung eines Aktionspotentials steht [TEMUSSI, 2006; TARUNO et al, 2013].

Der saure und salzige Geschmackseindruck werden nicht G-Protein vermittelt ausgelöst, sondern durch Ionenkanäle bewerkstelligt [CHEN et al, 2011].

Diesen fünf Geschmackseindrücken liegen verschiedenste Mechanismen zugrunde, die nachfolgend näher erläutert werden.

2.3.3 Die fünf Geschmacksqualitäten

Für die Kodierung der Geschmacksinformation existieren zwei verschiedene Modelle: das „across-fiber pattern“ sowie das „labelled-line“ Modell, welche die Sinneszellen als Generalisten beziehungsweise als Spezialisten beschreiben [LINDEMANN, 2001].

Das „labelled-line“ Modell besagt, dass die einzelnen Rezeptorzellen nur auf einzelne Geschmacksqualitäten reagieren können. Somit detektiert ein Rezeptor einen der fünf Basalqualitäten (Abb. 7) [CHANDRASHEKAR, 2006].

Das „across-fiber pattern“ Modell besagt hingegen, dass eine Nervenfasern auf unterschiedlichste Geschmacksqualitäten reagieren kann und die gewonnenen Eindrücke fortleitet. Die Sinneszellen selbst können auch auf eine oder mehrere Geschmacksqualitäten empfänglich sein (Abb. 7) [CHANDRASHEKAR, 2006].

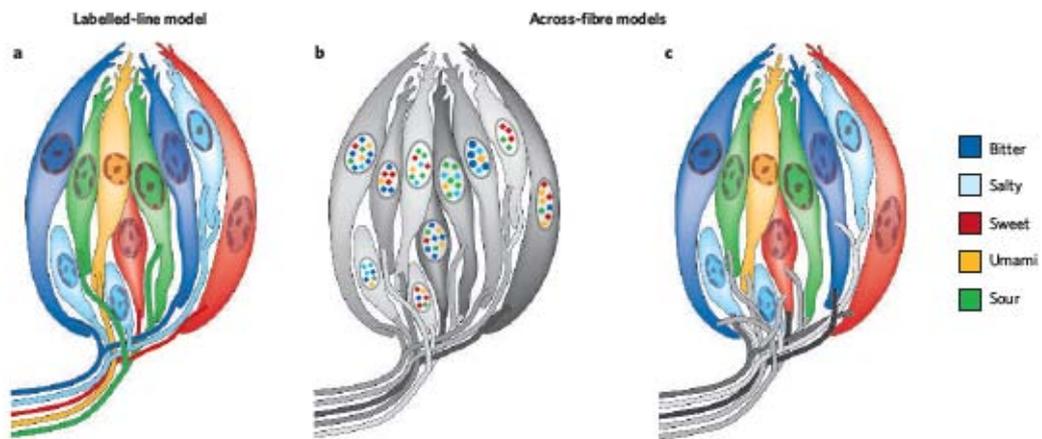


Abbildung 7: Modelle der Geschmackskodierung; a) labelled-line Modell, b) und c) across-fibre pattern Modell [CHANDRASHEKER, 2006]

2.3.3.1 Anerkannte Geschmacksqualitäten

Bisher sind zwei Familien von Rezeptortypen für die gustatorische Empfindung bekannt, T1R und T2R. T steht dabei für „Taste“ und R für „Rezeptor“. Diese Rezeptoren werden in den Mikrovilli gebildet [FRINGS, 2009].

Die T1R Proteinfamilie für die süße und umami Basalqualität haben unterschiedliche Kombinationen der drei Einheiten T1R1, T1R2 sowie T1R3 [FRINGS, 2009].

Als man die spezifischen Rezeptorzellen für umami entdeckte, kam die heute bekannte fünfte Geschmacksqualität hinzu. Hervorgerufen wird diese Geschmacksempfindung unter anderem durch das Natriumsalz der Glutaminsäure und die Aminosäure Aspartat [NELSON et al., 2002; CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Durch diesen Nachweis der einzelnen Rezeptoren, vor allem von denjenigen für umami, gelten diese fünf Grundgeschmacksarten heute in der Wissenschaft als unbestritten [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Süß, bitter und umami dienen vorwiegend der Lebensmittelakzeptanz. Süß und umami gelten als appetitanregend, bitter als ein Warnhinweis für giftige Lebensmittel. Der salzige Geschmackseindruck dient vorwiegend der lebensnotwendigen Ionenzufuhr [GARCIA-BAILO et al., 2009].

Der saure Geschmack warnt wie der bittere Geschmack ebenfalls vor unreifen oder verdorbenen Lebensmitteln [CHANDRASHEKAR et al., 2006; LINDEMANN, 2001].

2.3.3.2 Süß

Um den von süß schmeckenden Stoffen hervorgerufenen Süßgeschmack wahrnehmen zu können, müssen diese Moleküle an den speziellen Süßrezeptor der Geschmacksknospe binden. Dabei kommt es zu einer Interaktion der süßen Substanz und dem Süßrezeptor [LINDEMANN, 2001].

Der Rezeptor selbst besteht aus den beiden Eiweißen T1R2 und T1R3, und reagiert auf natürliche oder synthetische Zucker, sowie süße Proteine oder D-Aminosäuren. Forschungen ergaben, dass verschiedenste Domänen des Süßrezeptors für die Wahrnehmung dieses breiten Spektrums zuständig sind [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Der Süßgeschmack kann durch die Ca^{2+} abhängige Aktivierung des TRPM5 Kanals ausgelöst werden, wodurch es zur Membrandepolarisierung kommt und ein Aktionspotential entsteht, oder über G-Protein gekoppelte Prozesse. Dabei zerfällt das G-Protein in die Untereinheiten α -Gustducin und β - γ -Gustducin, woraufhin die Adenylatcyclase oder die Phospholipase C β 2 (PLC β 2) gebildet werden (Abb. 8) [KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996; TARUNO et al., 2013].

Es ist davon auszugehen, dass weitere Mechanismen für die Süßempfindung existieren könnten. Experimente an Mäusen ergaben, dass der Glucose-Transporter 4 (GLUT 4), der Natrium-Glucose Co-Transporter (SGLT1) sowie die ATP-aktivierten K^+ Kanäle als Sensoren für den süßen Geschmack in den T1R3 exprimierten Geschmackszellen dienen [BACHMANOV et al., 2011].

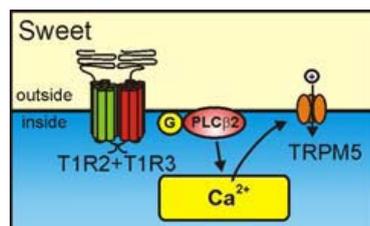


Abbildung 8: Transduktionsmechanismus des Süßgeschmacks [FRINGS, 2009]

2.3.3.3 Bitter

Dieser Rezeptortyp gehört, wie jener für süß und umami, zu den GPCRs (G-Protein-gekoppelte Rezeptoren). Dabei wird dieser Rezeptortyp von ca. 30 sehr unterschiedlichen GPCRs, speziell von den T2Rs, moduliert. In der Natur gibt es eine Vielzahl an bitteren Substanzen, wodurch eine Unterscheidung der einzelnen als bitter empfundenen Stoffe, sehr schwer bis unmöglich erscheint [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Um bittere Moleküle als solche erkennen zu können, existieren mehrere Mechanismen [KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996; LINDEMANN, 2001]:

1. Wird die Bitterstimulation durch das G-Protein bewerkstelligt, zerfällt das Protein dabei in seine drei Untereinheiten α , β und γ , genauer in die G- $\beta\gamma$ und G- α -Untereinheiten die anschließend die Phospholipase C- β 2 (PLC β 2) anregen [LINDEMANN, 2001]. Die Aktivierung der PLC β 2 führt zur Aufspaltung des Phosphatidylinositol-4,5-bisphosphats in die Bestandteile Inositoltriphosphat (IP_3) und Diacylglycerol (DAG) [CHANDRASHEKAR et al, 2006]. Es kommt zu einem Anstieg des second messengers IP_3 , woraufhin eine Freisetzung des Ca^{2+} über TRPM5-Kanäle (Membran-Kanalprotein) aus den intrazellulären Speichern erfolgt und ein Aktionspotential ausgelöst wird (Abb. 9) [LINDEMANN, 2001; TARUNO et al, 2013].

2. Bittere Stoffe, vor allem Chinin oder Calciumchlorid ($CaCl_2$), können die Kaliumkanäle blockieren. Diese Substanzen werden als bitter empfunden [KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996; LINDEMANN, 2001].

3. Koffein und andere Methyl-Xanthine blockieren nach dem Eindringen die Phosphodiesterase. Die Folgereaktion ist ein Anstieg des cyclischen Guaninmonophosphat (cGMP) [LINDEMANN, 2001].

4. Gustducin, die α -Untereinheit des G-Proteins, aktiviert die Phosphodiesterase, woraufhin diese das cyclische Adenosinmonophosphat (cAMP) und cGMP abbaut, wodurch deren Konzentration sinkt [BRAND, 2000].

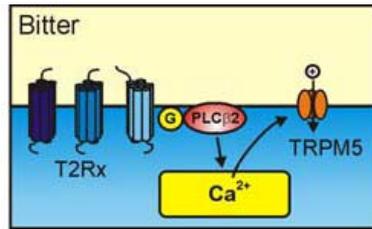


Abbildung 9: Transduktionsmechanismus des Bittergeschmacks [FRINGS, 2009]

2.3.3.4 Umami

IKEDA beschrieb im Jahr 1909 umami (= köstlich schmeckend) als die fünfte Geschmacksqualität. Er vermutete, dass auch der Sinneseindruck umami durch eigene, spezifische Geschmacksrezeptoren hervorgerufen wird [MOURITSEN, 2012].

Doch erst im Jahr 2000 fanden Wissenschaftler die dafür zuständigen Rezeptoren. Einer davon, der Glutamatrezeptor taste-mGluR4, ist ein dimerer G-Protein gekoppelter Rezeptor. Dieser ist in den Geschmacksknospen lokalisiert [KUNISHIMA et al., 2000].

Später entdeckte man weitere Rezeptoren für diesen Geschmackseindruck. Diese Sinneszellen unterscheiden sich nur wenig von jenen die für den süßen Eindruck benötigt werden. Dabei handelt es sich um heterodimere GPCRs vom Typ T1R1 und dem zum süß-Rezeptor identen Typ T1R3. NELSON et al. [2002] erkannten, dass dieser Rezeptor für die Wahrnehmung der meisten L-Aminosäuren benötigt wird, nicht aber für die D-Enantiomere der Aminosäuren. Forscher entdeckten, dass der T1R1+3 Rezeptor vorwiegend für die Empfindung von Natriumglutamat und Aspartat dient. Um diese Erkenntnis zu bestätigen, wurden hierfür Tests mit Knock-out Mäusen durchgeführt [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Die Signaltransduktion erfolgt auf demselben Weg, wie beim süßen Geschmack (Abb. 10). Binden Substanzen, die den Umamigeschmack auslösen, an den Rezeptor, aktiviert das G-Protein die Phospholipase C beta 2 und nachfolgend werden Inositoltriphosphat (IP₃) und Diacylglycerol gebildet. IP₃ bewirkt die

Öffnung der TRPM5-Kanäle und das intrazelluläre Calcium wird freigesetzt [KINNAMON, 2009; CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Seit der Entdeckung der spezifischen Rezeptoren ist umami als fünfte Basalqualität anerkannt [MOURITSEN, 2012].

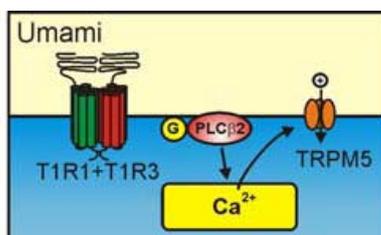


Abbildung 10: Transduktionsmechanismus des Umamigeschmacks [FRINGS, 2009]

2.3.3.5 Salzig

Der salzige Sinneseindruck wird durch Ionen-Verschiebungen hervorgerufen. Natriumchlorid (NaCl) und das ebenfalls salzig schmeckende Kaliumchlorid (KCl) liefern wichtige Elektrolyte, die für die Aufrechterhaltung des Zellgleichgewichts notwendig sind [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

Um den Salzgeschmack auszulösen, muss das Salz in Ionen zerfallen. Auch sind verschiedene Ionenkanäle beteiligt. Ist die Natriumkonzentration groß genug, passiert das Na⁺ (Natrium) den spezifischen epithelialen Natrium-Kanal (ENaC), woraufhin die Zelle depolarisiert. Dadurch öffnen sich die Ca²⁺ Kanäle (Calcium) und Ca²⁺ strömt in die Zelle ein, es kommt zur Ausschüttung von Neurotransmittern und die salzige Basalqualität wird als solche wahrgenommen (Abb. 11) [LYALL et al., 2004; GARCIA-BAILO et al., 2009; SMITH und MARGOLSKEE, 2001].

Der ENaC, ein hetero-oligomerer Komplex, setzt sich aus den drei homologen Untereinheiten α, β und γ. Die α-Einheit wird im Zungenepithel exprimiert, die beiden anderen Untereinheiten konnten noch nicht lokalisiert werden. Die kleineren Rezeptoreinheiten werden durch das Hormon Aldosteron beeinflusst. Somit liegt der Salzgeschmack einem komplexen Zusammenspiel

verschiedenster Mechanismen zugrunde [KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996; LINDEMANN, 2001].

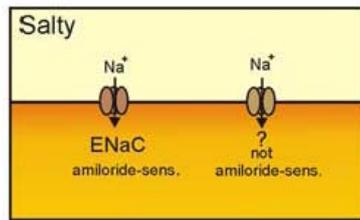


Abbildung 11: Transduktionsmechanismus des Salzgeschmacks [FRINGS, 2009]

2.3.3.6 Sauer

Säuren dienen nicht nur der sauren Geschmacksempfindung, die durch Ionenkanäle bewerkstelligt werden, sondern auch der Aufrechterhaltung des Säuren-Basen Gleichgewichts [CHANDRASHEKAR et al., 2006; LINDEMANN, 2001]. Blockieren Protonen (H^+) die Kaliumkanäle, führt das zu einem Ungleichgewicht in der Zelle, woraufhin diese depolarisiert und der saure Geschmack detektiert wird [KINNAMON und MARGOLSKEE, 1996].

Der saure Sinneseindruck kann auch durch den Na^+/H^+ - Ionenkanal bewerkstelligt werden, wobei hierfür der Kanal durch die vorhandenen Na-Ionen und die vorhandenen H^+ stimuliert wird (Abb. 12). Eine dritte Möglichkeit um den sauren Geschmack zu empfinden wird durch den HCN-Kanal (hyperpolarisationsaktivierter cyclischer Nucleotid gesteuerter Kanal) bewerkstelligt [CHANDRASHEKAR et al., 2006].

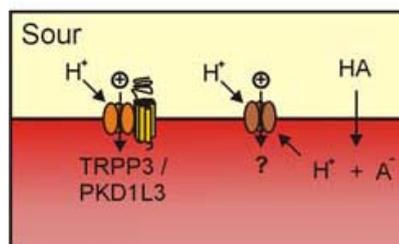


Abbildung 12: Transduktionsmechanismus des Sauergeschmacks [FRINGS, 2009]

2.3.4 Diskutierte Geschmacksqualitäten

2.3.4.1 Fett

Erste Hinweise für ein Vorhandensein eines eigenen Fett-Rezeptors fand GILBERTSON et al. [1997]. Sein Team beobachtete, dass Fettsäuren die Kaliumkanäle blockieren, wodurch es zu einer Depolarisation in der Zelle kommt.

Seither befassten sich zahlreiche Forscher mit der möglichen weiteren Geschmacksrichtung. Man verwendete dazu Knock-out Mäuse, die tatsächlich die Vorliebe für die energiereiche Nahrung verloren. Als ein möglicher Fettrezeptor gilt das integrale Membranprotein CD36. Dieses wurde an der apikalen Oberfläche von Geschmacksknospen isoliert und weist zudem eine hohe Affinität für langkettige Fettsäuren (LCFA) auf. Insbesondere ungesättigte LCFA beeinflussen die Kaliumkanäle, wodurch auf die Spekulation des Vorhandenseins eines eigenen Fett-Rezeptors berechtigt scheint. Daneben fungiert CD36 als wichtiges Transportprotein von freien Fettsäuren durch die Membran. Obwohl dieses Protein in den Geschmacksknospen exprimiert wird, ist der genaue Mechanismus über die Wahrnehmung von Fettsäuren bis heute noch nicht vollständig aufgeklärt. Ebenfalls konnte das Protein CD36 im Magen, an der Oberfläche von Makrophagen, in Muskel- sowie in Fettzellen nachgewiesen werden [GARCIA-BAILO et al., 2009].

2.3.4.2 Metallisch

Schon vor einigen Jahren beschrieben Forscher einen metallischen Flavour in Lebensmitteln. Insbesondere nach dem Konsum von Calcium und Magnesiumsalzen. Auch bei Süßstoffen, wie zum Beispiel bei Acesulfam-K, wird oftmals ein metallischer Flavour wahrgenommen. Bisher konnte jedoch noch kein eigener Rezeptor für den metallischen Sinneseindruck nachgewiesen werden, wodurch metallisch als eine eigene Basalqualität in der Wissenschaft anerkannt werden könnte [LAWLESS et al., 2005].

2.3.4.3 Calcium

Calcium ist ein lebenswichtiger Mineralstoff, der für zahlreiche physiologische Abläufe erforderlich ist. Elektrophysikalische Forschungen an Amphibien und Ratten ergaben, dass diese Tiere Calcium detektieren können. Auch der Mensch ist in der Lage Calciumchlorid (CaCl_2) von Magnesiumchlorid (MgCl_2) zu unterscheiden. Man hat festgestellt, dass ein veränderter Calciumspiegel im Blut die Geschmackswahrnehmung von Calcium beeinflusst [TORDOFF et al, 2008; TORDOFF, 2001].

Möglicherweise sind dafür spezielle Calcium-sensing Rezeptoren (CaSR) zuständig, die nach derzeitigem Wissen die Empfindung von süß, salzig und umami unterstützen. Ein endgültiger Beweis dieser Theorie, dass diese Rezeptoren auch selbst einen Geschmack als solchen detektieren können, ist noch ausständig [MAGNO et al., 2011; OHSU et al., 2010].

2.3.5 Gustatorische Störungen

Störungen der chemischen Sinnesmodalitäten werden häufig diagnostiziert, jedoch wird nur bei etwa 5% der Patienten tatsächlich eine Beeinträchtigung des Geschmackssinnes bestätigt. Vielmehr handelt es sich fast immer um eine reduzierte retronasale Geruchswahrnehmungsfähigkeit, die fälschlicherweise von Patienten häufig als „Geschmacksverlust“ beschrieben wird, da nicht zwischen Geschmack und Flavour unterschieden werden kann [DOTY et. al., 2006; KVETON und BARTOSHUK, 2006].

Hauptursachen für einen teilweisen oder vollständigen Verlust des Geschmackssinnes sind unter anderem: Schädeltraumen, Infektionen des oberen Respirationstrakts, der Einfluss von toxischen Substanzen oder iatrogene Ursachen wie Zahnverlust, Medikamente oder das sogenannte „Burning Mouth Syndrome (BMS)“. Schädeltraumen können Läsionen in der Region des Zentralnervensystems (ZNS) verursachen. Das ZNS ist jedoch ein wichtiger Teil für den richtigen Ablauf der Geschmackswahrnehmung im Gehirn, speziell in der Thalamusregion, im Hirnstamm und im Temporallappen

notwendig. Frakturen des Temporallappenknochens können die gustatorischen Nervenbahnen des *Nervus facialis* zerstören [HUMMEL et al., 2011].

2.3.6 Faktoren die den Geschmackssinn beeinflussen

2.3.6.1 Geschlecht

NILSSON [1979] konnte einen eindeutigen geschlechtsspezifischen Unterschied in der gustatorischen Empfindlichkeit nachweisen. In einem Experiment zeigte er, dass für Frauen eine signifikant geringere Schwelle bezüglich des sauren Geschmacks erforderlich war. Ergaben Messungen zu den anderen Basalqualitäten ebenfalls Unterschiede, konnten diese dennoch nicht als signifikant belegt werden.

DIAMOND et al. [2005] untersuchten den vielmals beschriebenen geschlechtsspezifischen Unterschied in der Geschmacksempfindung ebenfalls. Dazu erhielten die Probanden in 30 Durchgängen eine Saccharose-Lösung. Bei den weiblichen Probanden stieg dabei die Wahrnehmungsschwelle signifikant, die der Männer blieb dagegen unverändert.

Die Ursachen die zu einer unterschiedlichen Empfindungsstärke bei den Basalqualitäten führen sind noch nicht vollständig erforscht. Manche Wissenschaftler vermuten die Ursache in den unterschiedlichen hormonellen Gegebenheiten zwischen den Geschlechtern [GUDZIOL und HUMMEL, 2007].

2.3.6.2 Alter

BARTOSHUK et al. [1986] erkannten aufgrund der Forschungen, dass bei älteren Personen die Intensität eines Reizes häufig verzerrt wahrgenommen wird. Diese Reaktion ist bei den Männern stärker ausgeprägt als bei den Frauen. Möglicherweise handelt es sich dabei um eine fehlende Balance zwischen den Arealen zerstörter und funktionsfähiger Geschmacksrezeptoren, wodurch ein lokaler Verlust der gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit hervorgerufen wird. Viele Jahre vermutete man einen Zusammenhang zwischen einer Verminderung in der Geschmacksknospenanzahl und der damit verbundenen

Geschmacksempfindung. Untersuchungen konnten diese Hypothese nicht vollständig bestätigen. Andere Theorien gehen von einem Zusammenhang zwischen einer verminderten Funktionalität und dem reduzierten Schmeckvermögen aus. Die Drüsensekretion der großen Speicheldrüsen werden nicht durch das Alter beeinflusst. Damit der Zahnverlust nicht forciert und die Geschmacksrezeptorzellen nicht zu stark beeinflusst werden, ist eine ausreichende Mundhygiene vorrangig von Bedeutung [KLIMEK et al., 2000].

2.3.6.3 Medikamente

Viele Medikamente können die Geschmacksempfindung beeinflussen. Der dahinterliegende Mechanismus ist noch ungeklärt. Nach der Einnahme von Antibiotika, Antimykotika sowie bei lokal wirksamen Anästhetika werden Schmeckstörungen beobachtet. Diese Medikamente haben einen kurzen Anwendungszeitraum, daher kann der Geschmackssinn rasch regenerieren [KNECHT et al., 1999; HUMMEL et al., 2011].

Medikamente, die in der Chemotherapie Anwendung finden, führen zur erhöhten Sensibilität der Bitterwahrnehmung [KVETON und BARTOSHUK, 2006].

2.3.7 Methoden zur Feststellung der Empfindlichkeit des Geschmacksinnes

Um die gustatorische Sinnesmodalität zu messen unterscheidet man zwei Verfahrensweisen:

- 1) die gesamte Mundhöhle kann zur Geschmacksempfindlichkeitsmessung herangezogen werden
- 2) Nur einzelne Teilbereiche der Zunge sind von Interesse und werden in die Messung einbezogen [PAVLOS et al., 2009; KNECHT et al., 1999].

Generell kann zwischen Prüfungen zur Wahrnehmungsschwelle, Erkennungsschwelle und zur Schwelle unterschieden werden. Diese ist für jede

der fünf Grundgeschmacksqualitäten unterschiedlich. So muss eine Lösung für die Erkennungsschwelle etwa um den Faktor Zwei bis Fünf stärker konzentriert sein, als für die Wahrnehmungsschwelle, um als solche richtig erkannt werden zu können. Die Geschmacksknospen benötigen immer wieder Erholungszeiten, vor allem bei bitteren Substanzen [YARMOLINSKY et al., 2009; ARVIDSON und FRIBERG, 1980; KVETON und BARTOSHUK, 2006].

Die Prüfungen an der Schwellen bei Patienten sind oft aufwendiger in der Durchführung, da dafür die niedrigste erkannte Konzentration eines Geschmacksstoffes, im Vergleich zu Wasser, bestimmt wird [KVETON und BARTOSHUK, 2006].

2.3.7.1 Elektrogustometrie

Die Elektrogustometrie ist der einfachste Test zur regionalen Wahrnehmung des Geschmacks. Diese Testmethode wurde in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts zur Feststellung der Geschmackssensibilität entwickelt. Diese Methode wird angewendet um Geschmacksstörungen nach einer Mandelentfernung oder Operationen des Mittelohres festzustellen [PAVLOS et al., 2009; KNECHT et al., 1999].

2.3.7.2 Kontakt-Endoskopie

Die in der Gynäkologie erstmals angewendete Kontakt-Endoskopie wurde entwickelt um Zellkonstruktionen an der epithelialen Oberfläche zu beobachten. Aufgrund der Qualität der so vergrößerten Bilder, fand dieses Verfahren in weiterer Folge auch rasch Anwendung in der Otolaryngology. Diese Methode erlaubt sowohl in-vivo als auch in-situ Beobachtungen [PAVLOS, 2009].

2.3.7.3 Filterpapiermethode

Die Filterpapiermethode ist ein psychophysikalisches Verfahren. Der Test beinhaltet 32 Teststreifen der vier Grundgeschmackslösungen: süß, sauer,

salzig und bitter in verschiedenen Konzentrationen. Die Teststreifen werden auf dem linken bzw. rechten vorderen Teil der Zunge platziert. Vor dem Aufbringen des nächsten stärker konzentrierten Teststreifens wird der Mund mit Wasser gespült. Mittels dem „multiple forced choice Verfahren“ muss sich der Proband auf eine der Geschmackslösungen festlegen. Aus der Gesamtanzahl der korrekten Antworten errechnet sich der „taste score“. Der taste score gibt Auskunft darüber ob eine Normogeusie oder Hypogeusie vorliegt [LANDIS et al., 2009].

2.3.7.4 Drei-Tropfen-Methode

Von der geringsten Konzentration ausgehend wird je ein Tropfen der acht unterschiedlich konzentrierten Grundgeschmackslösungen sowie zwei Tropfen destilliertes Wasser auf die Zungenmitte des Probanden gegeben. Die Konzentration wird so lange in gesteigerter Konzentration dargeboten, bis die Geschmackslösung dreimal hintereinander auch als solche richtig erkannt wird [GUDZIOL und HUMMEL, 2007; KNECHT et al., 1999].

2.4 Einfluss des Rauchens auf die chemischen Sinne

2.4.1 Olfaktorische Wahrnehmungsveränderung durch das Rauchen

Eine der bedeutendsten Schadstoffquellen für die olfaktorische Wahrnehmung ist inhalierter Zigarettenrauch. Oftmals ist ein dosisabhängiger Effekt auf die Geruchsleistung beschrieben worden [KLIMEK et al., 2000].

Eine von VENNEMANN et al. [2008] durchgeführte Gesundheitsstudie (Dortmund Health Study DHS) erfasste Risikoparameter wie z.B. die Prävalenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Umwelt- und Verhaltenseinflüsse. Im Mittelpunkt des Interesses stand dabei der Einfluss des Rauchens auf die Geruchs- und Geschmackswahrnehmung. Für die Überprüfung der Geruchswahrnehmung

verwendete man Sniffin´Sticks. Zur Ermittlung der gustatorischen Wahrnehmung wurden Geschmackslösungen der vier Basalqualitäten – süß, salzig, sauer und bitter – hergestellt und auf die Zungenmitte der Probanden gesprüht.

Es zeigte sich, dass Raucher die höchste Prävalenz für das Vorliegen einer Hyposmie bei gleichzeitiger Veränderung des gustatorischen Sinneseindrucks haben. Insgesamt wies diese Untersuchung auf eine durch das Rauchen signifikante Veränderung der Geruchswahrnehmung hin. Nicht eindeutig belegt werden konnte ein signifikanter Einfluss auf die Veränderungen der Geschmackswahrnehmung, der stark von der konsumierten Zigarettenmenge abzuhängen scheint [VENNEMANN et al., 2008].

FRYE et al. [1990] erforschten bei 638 Erwachsenen den mengen- und dauerabhängigen Einfluss des Rauchens auf das olfaktorische System bei Rauchern und Nichtrauchern. In dieser Studie verwendete man 40 Geruchsstoffe des UPSIT. Nach erfolgter Adjustierung auf Alter, Geschlecht und Ausbildung, zeigten die Forschungsergebnisse einen signifikanten Einfluss hinsichtlich der Rauchdauer und einer damit verbundenen Veränderung des olfaktorischen Systems. Trotzdem wird das Ausmaß des Riechvermögens stark vom Geschlecht und Alter beeinflusst. Die Autoren beschrieben einen negativen Effekt des Rauchens auf das olfaktorische System, welcher stark mit der täglich verbrauchten Zigarettenmenge assoziiert war. Auch wiesen die Forscher auf Langzeiteffekte hin. Sie vermuteten, dass die Mucosa des olfaktorischen Systems durch zahlreiche Tabakinhaltsstoffe wie Acrolein, Formaldehyd oder Acetaldehyd negativ beeinflusst wird. Vermutete Kurzzeiteffekte des Tabakrauchens auf das olfaktorische System sind unter anderem negative Auswirkungen auf die Konsistenz des Nasenschleims oder eine Verengung der Atemwege.

VENT et al. [2004] beschrieben anhand eines Rattenmodells die Apoptose der Riehzellen nach dem Tabakkonsum. Tabakrauch aktivierte vermehrt die Caspase-3, einem wichtigen Enzym der neuronalen Apoptose. Die Forscher konnten auch schon bei kurzer Tabakexposition eine erhöhte Apoptoseaktivität nachweisen.

2.4.2 Gustatorische Wahrnehmungsveränderung durch das Rauchen

Durch das Rauchen ist ein hohes Potential einer morphologischen Veränderung der Geschmacksknospen gegeben, wodurch es zu einer Abnahme der Geschmacksempfindung kommt [KONSTANTINIDIS, 2010].

Dennoch wird der Einfluss des Rauchens auf die gustatorische Wahrnehmung immer wieder kontrovers diskutiert.

PAVLOS et al. [2009] verwendeten in ihrer Forschung über den Einfluss des Rauchens auf die Geschmackswahrnehmung die Methode der Elektrogustometrie. Sein Team wies für die Gruppe der Raucher einen höheren Schwellenwert nach. Außerdem führte das Rauchen zu Veränderungen in den Pilzpapillen (Abb. 13), welche bei einem Raucher mit einem täglichen Zigarettenkonsum von mehr als 20 Stück beobachtet werden konnte.

Veränderungen der Rezeptoren werden nicht allein durch das Rauchen sondern vielmehr auch durch die enthaltenen toxischen Substanzen verursacht [GROMYSZ-KALKOWSKA et al., 2002].

SATO et al. [2002] befassten sich mit den Einfluss des Rauchens auf die Wahrnehmung der vier Geschmacksqualitäten – süß, sauer, salzig und bitter. Die Wissenschaftler konnten zwischen der Kontrollgruppe und den Rauchern keine signifikanten Unterschiede einer verminderten gustatorischen Wahrnehmung feststellen.

In der von VENNEMANN et al. [2008] durchgeführten Querschnittsstudie wurde ein Effekt einer olfaktorischen sowie gustatorischen Wahrnehmung nachgewiesen. Nach erfolgter statistischer Adjustierung, unter anderem auf Alter und Geschlecht, war der Einfluss des Rauchens auf die Geruchsempfindung signifikant, hingegen zeigte der Einfluss des Rauchens auf die Geschmacksempfindung keine Signifikanz. Eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Zigarettenmenge von täglich mehr als 20 Stück und einer verminderten gustatorischen Wahrnehmung wurde nachgewiesen. Für Exraucher existierten weder Einbußen in der Geruchs- noch in der

Geschmacksleistung. Die Ergebnisse dieser Forschung deuten auf kurzfristige Einbußen der chemischen Sinne durch das Rauchen hin. Trotzdem weisen die Autoren auf Sensibilitätsstörungen durch besonders starkes Rauchen hin. Ein tägliches Rauchen von mehr als zehn Zigaretten führte zu einer verstärkten Veränderung in der bitteren Wahrnehmung [PAVLOS et al., 2009].

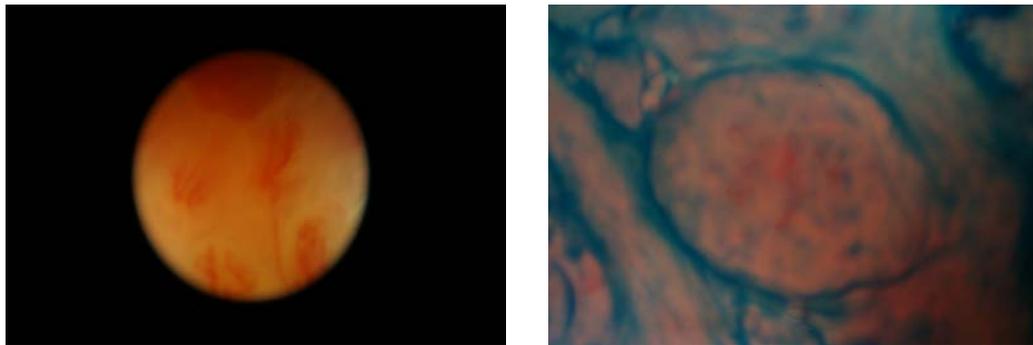


Abbildung 13: Pilzpapille eines Nichtrauchers (links) und eines Rauchers (rechts) [Pavlos et al., 2009]

3 Probanden und Methoden

3.1 Charakteristika der teilnehmenden Prüfpersonen

Die Evaluierung von olfaktorischen und gustatorischen Veränderungen bei 20 bis 35 jährigen Raucherinnen und Nichtraucherinnen wurde in einem Zeitraum von Jänner bis März 2013 an der Universität Wien im Sensoriklabor des Departments für Ernährungswissenschaften durchgeführt. Als Kontrollgruppe galten Nichtraucherinnen, die tatsächlich niemals geraucht haben. Die Kontrollgruppe und die Untersuchungsgruppe der Raucher umfassten jeweils eine Gruppengröße 30 Personen. Ausschlussgründe waren genetische Erkrankungen, Diabetes mellitus, eine Medikamenteneinnahme sowie die Verwendung von Light-Zigaretten. Ebenfalls wurden schwangere Frauen nicht in die Untersuchung einbezogen.

Raucher mussten darüber hinaus einen Mindestkonsum von fünf oder mehr Zigaretten täglich aufweisen, den Rauch inhalieren und länger als ein Jahr rauchen. Der zeitliche Mindestabstand zwischen der letzten konsumierten Zigarette und der Evaluierung wurde mit mindestens 30 Minuten festgelegt.

Vor Testbeginn wurden die Probanden gebeten den Fragebogen (Abb. 14) auszufüllen. Der Bogen beinhaltete allgemeine Personenangaben wie das Alter und den Raucherstatus. Zusätzlich wurde der Konsum von Alkohol und Kaffee erfasst, um einen eventuellen Einfluss in der Wahrnehmung von bitteren Substanzen untersuchen zu können.

Von den Rauchern wurde das Rauchverhalten erfragt, wobei die Kontrollfrage nach dem Einstiegsalter und den Raucherjahren einer allgemeinen Überprüfung richtiger Antworten diene.

Anhand der Fragebogenergebnisse konnten für die Studie nicht geeignete Probanden sofort ausgeschlossen werden.

Datum:
Weiblicher Proband Nr.:

Olfaktorische und Gustatorische Veränderungen in der Wahrnehmung von Rauchern im Vergleich zu Nicht-Rauchern.

1.) Allgemeine Angaben:

Alter: Jahre

Verwenden Sie derzeit hormonelle Kontrazeptiva (Pille, ...): Ja Nein
Besteht derzeit eine Schwangerschaft? Ja Nein
Liegen genetisch angeborene Erkrankungen vor? Ja Nein
Liegt ein Diabetes mellitus vor? Ja Nein
Nehmen Sie derzeit Medikamente ein (z.B. gegen Erkältung...)? Ja Nein

Wie oft konsumieren Sie Alkohol?

täglich
4-6 mal wöchentlich
1-3 mal wöchentlich
selten
nie

Wenn ja, wieviel und welche Alkohollika wird bevorzugt?

ml
Art:

Wie oft konsumieren Sie Kaffee?

täglich
4-6 mal wöchentlich
1-3 mal wöchentlich
selten
nie

Wenn ja, wieviel Kaffee wird dabei konsumiert?
Konsumieren Sie den Kaffee mit Milch?
Konsumieren Sie den Kaffee mit Zucker?

ml
Ja Nein
Ja Nein

Sind Sie: Nichtraucher
Raucher
Ex-Raucher

2.) von Rauchern auszufüllen:

Mit welchem Alter begannen Sie zu Rauchen?

Mit Jahren.

Seit wie vielen Jahren Rauchen Sie?

Seit Jahren.

Durchschnittliche tägliche Zigarettenmenge:

Stück

Vergangener Zeitraum zwischen der letzten Zigarette vor der Analyse ist größer als 30 Minuten? Ja Nein

Wird der Zigarettenrauch inhaliert? Ja Nein

Verwenden Sie Light-Zigaretten? Ja Nein

Abbildung 14: Fragebogen

Die Teilnehmer wurden darauf hingewiesen während der Evaluierung nicht mit der Person aus der Nachbarkabine zu kommunizieren. Anschließend wurde der Testablauf erklärt, die Methode des Schnüffeln vorgeführt und auf die Geschmacksqualität umami eingegangen. Zusätzlich wurde der Test zur retronasalen Wahrnehmung genauer beschrieben und ebenso vorgeführt.

3.2 Methoden

3.2.1 Geruchstest

Zur Ermittlung der Geruchswahrnehmung wurde ein Geruchsidentifikationstest mit Sniffin´Sticks durchgeführt, welche von der Firma Burghart hergestellt werden. Dazu erhielten die Probanden 16 unterschiedliche Geruchsstifte, die jeweils für 30 Sekunden dargeboten wurden. Die Testpersonen trugen Handschuhe um Fremdgerüche zu vermeiden.

3.2.1.1 Durchführung des Geruchstests

Den Prüfpersonen wurde zu Beginn des Tests der genaue Versuchsablauf, insbesondere der Vorgang des Schnüffeln, erklärt und vorgeführt. Die Teilnehmer hatten sich zwingend für eine der vier angeführten Auswahlmöglichkeiten (Abb. 15) pro Sniffin´Stick zu entscheiden.

Geruchsidentifikationstest (Sniffing Sticks)

Wie gut werden Gerüche erkannt?

Sie erhalten 16 Riechstifte hintereinander. Suchen Sie den Begriff heraus der am besten den dargebotenen Duftstoff beschreibt und kennzeichnen Sie diesen auf der Multiple Choice Vorlage.

beidseitige Testung

1	Orange	Brombeere	Erdbeere	Ananas
2	Rauch	Klebstoff	Schuhleder	Gras
3	Honig	Vanille	Schokolade	Zimt
4	Schnittlauch	Pfefferminz	Fichte	Zwiebel
5	Kokos	Banane	Walnuß	Kirsche
6	Pfirsich	Apfel	Zitrone	Grapefruit
7	Lakritz	Gummibär	Kaugummi	Kekse
8	Senf	Gummi	Menthol	Terpentin

9	Zwiebel	Sauerkraut	Knoblauch	Möhren
10	Zigarette	Kaffee	Wein	Kerzenrauch
11	Melone	Pfirsich	Orange	Apfel
12	Gewürzn.	Pfeffer	Zimt	Senf
13	Birne	Pflaume	Pfirsich	Ananas
14	Kamille	Himbeere	Rose	Kirsche
15	Anis	Rum	Honig	Fichte
16	Brot	Fisch	Käse	Schinken

Ergebnis (Summe der korrekten Identifikationen)

beidseits

Abbildung 15: Antwortbogen zum Geruchsidentifikationstest (markierte Felder entsprechen den tatsächlich enthaltenen Gerüchen)

3.2.2 Geschmackstest

Um die Geschmacksempfindlichkeit zu testen, wurden Lösungen der fünf Geschmacksrichtungen gewählt. Die wässrigen klaren Lösungen wurden nach der DIN-Norm 10961 hergestellt [DIN-Norm 10691, 1996; ISO 3972, 1991].

Der Test umfasste zwölf Lösungen. Die Probanden konnten im Antwortbogen zwischen den fünf Geschmacksqualitäten, Wasser und nicht zu erkennen wählen, wobei den Testpersonen nur die jeweilige Codierungen bekannt waren (Abb. 16).

Erkennen der 5 Grundgeschmacksarten

Auf dem Prüfplatz stehen wässrige Lösungen, die Saccharose (süß), Natriumchlorid (salzig), Citronensäure (sauer), Coffein (bitter) und Na-Glutamat (Umami) in geringen Konzentrationen enthalten. Die vorliegenden Proben sind durch „Schmecken“ (Reihenfolge der Nummern beigehalten!) zu überprüfen und die Response ist in der entsprechenden Spalte durch ein Kreuz zu kennzeichnen. Rückkosten ist erlaubt.

Proben Nr.	Nicht zu erkennen	Süß	Sauer	Salzig	Bitter	Umami	Auswertung richtig/falsch	
430								
103								
611								
591								
271								
188								
425								
304								
682								
071								
255								
972								

Abbildung 16: Antwortbogen zum Erkennen der Grundgeschmacksarten

3.2.2.1 Vorbereitung der Geschmackslösungen

Die jeweiligen Wasserlösungen von Saccharose für den süßen Geschmack, Natriumchlorid für den salzigen Geschmack, Zitronensäure für den sauren Geschmack, Koffein für den bitteren Geschmack und Natriumglutamat für den umami Geschmack wurden am Versuchstag frisch hergestellt. Die Menge wurde nach DIN-Norm und ISO-Norm in einem Messkolben eingewogen und mit 1 Liter Wasser verdünnt und vollständig aufgelöst (Tabelle 1).

3.2.2.2 Darreichung und Durchführung des Geschmackstests

Jedes der Gläser enthielt 25 ml wässrige Lösung. Den Probanden wurde der Versuchsablauf erklärt. Auf dem Ergebnisblatt stand eine genaue Beschreibung

des Testverfahrens. Die Reihenfolge der Proben musste genau eingehalten werden, wobei ein mehrmaliges Kosten derselben Probe erlaubt war. Zur Auswertung wurden die korrekten Antworten ausgezählt. Dabei galt die Angabe „nicht zu erkennen“ im Schwellenbereich ebenfalls als gültige (Abb. 16).

Tabelle 1: Probenkodierung der angegebenen Geschmackslösungen bei dem Erkennen der 5 Basalqualitäten

Lösung (Nr.)	Gramm Substanz/l Wasser	Bereich	Beurteilung
430	4 g/l Saccharose	Schwellenbereich	Süß / nicht zu erkennen
103	0,2 g/l Zitronensäure	Unterschwellig	Nicht zu erkennen
611	0,8 g/l NaCl	Schwellenbereich	Salzig / nicht zu erkennen
591	0,5 g/l Na-Glutamat	Schwellenbereich	Umami /nicht zu erkennen
271	1,5 g/l NaCl	Überschwellig	Salzig
188	0,3 g/l Zitronensäure	Schwellenbereich	Sauer / nicht zu erkennen
425	Wasser	Nullprobe	Nicht zu erkennen
304	6 g/l Sacharose	Überschwellig	Süß
682	1,3 g/l Na-Glutamat	Überschwellig	Umami
071	0,2 g/l Koffein	Schwellenbereich	Bitter / nicht zu erkennen
255	0,3 g/l Koffein	Überschwellig	Bitter
972	0,4 g/l Zitronensäure	Überschwellig	sauer

[modifiziert nach: DIN-Norm 1996; ISO-Norm, 1991]

3.2.3 Darreichung und Durchführung des Tests zur retronasalen Wahrnehmung

Für diesen Teil der Evaluierung erhielten die Teilnehmerinnen jeweils 25 ml klaren Happy Day Apfelsaft, welcher mit einer Folie abgedeckt war und bei Raumtemperatur dargereicht wurde. Die Methode sowie der Ablauf der pro- und retronasalen Wahrnehmung wurden den Teilnehmern erklärt und vorgeführt. Die Probanden mussten die empfundene Intensität des Apfelgeruchs und Apffelavours auf einer Skala von null bis zehn eintragen (Abb. 17).

Datum:
Weiblicher Proband Nr.:

Beurteilen Sie den Apfelgeruch und den Flavour.

Pronasales Riechen:

Beurteilen Sie die Intensität von Apfelgeruch mit der Nase mittels der Schnüffelmethode.
Halten Sie dazu die Probe an die Nase und atmen Sie mehrmals stoßweise tief ein und aus und beurteilen Sie die Intensität des Apfelgeruchs.

Geruch

Apfelgeruch

0 10

nicht wahrnehmbar intensiv wahrnehmbar

Retronasales Riechen:

Beurteilen Sie die Intensität von Apffelavour nach der Verkostung von Apfelsaft.
Nehmen Sie dazu 5-10 ml in den Mund und beurteilen Sie die Intensität von Apfel direkt nach dem Schlucken.

Geschmack / Flavour

Apffelavour

0 10

nicht wahrnehmbar intensiv wahrnehmbar

Abbildung 17: Erhebungsbogen zur pronasalen und retronasalen Geruchsempfindung

3.2.4 Statistische Auswertung

Die Statistische Auswertung wurde mit SPSS Version 19 durchgeführt. Zu Beginn erfolgte eine allgemeine Datenüberprüfung auf eine Normalverteilung. Aufgrund der Normalverteilung konnte die Korrelation (r) nach Pearson für die Ermittlung eventueller Zusammenhänge angewendet werden. Dabei ist ein perfekter positiver Zusammenhang bei $r = 1$ und kein Zusammenhang bei $r = 0$, sowie ein perfekter negativer Zusammenhang bei $r = -1$ gegeben.

Der Einfluss des Raucherstatus auf die Geruchs-, Geschmackswahrnehmung sowie einer retronasalen Wahrnehmung wurde mittels des Chi-Quadrat-Tests errechnet. Um zusätzliche Gruppenvergleiche durchzuführen wurde der T-Test für unabhängige Stichproben sowie die ANOVA angewendet. Als signifikante Differenzen galten p-Werte von $< 0,05$.

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Ergebnisse

4.1.1 Veränderung der olfaktorischen Wahrnehmung durch das Rauchen

Bei der Ermittlung von möglichen olfaktorischen Differenzen der untersuchten Gruppen lagen alle erhobenen Werte für die richtig erkannten Stifte zwischen 11 und 16. Am Häufigsten wurden zwischen 13 und 15 Riechstifte richtig identifiziert. Daraus ergab sich für das gesamte Studienkollektiv ein Mittelwert (MW \pm SD) von 13,87 \pm 1,03 (Abb. 18).

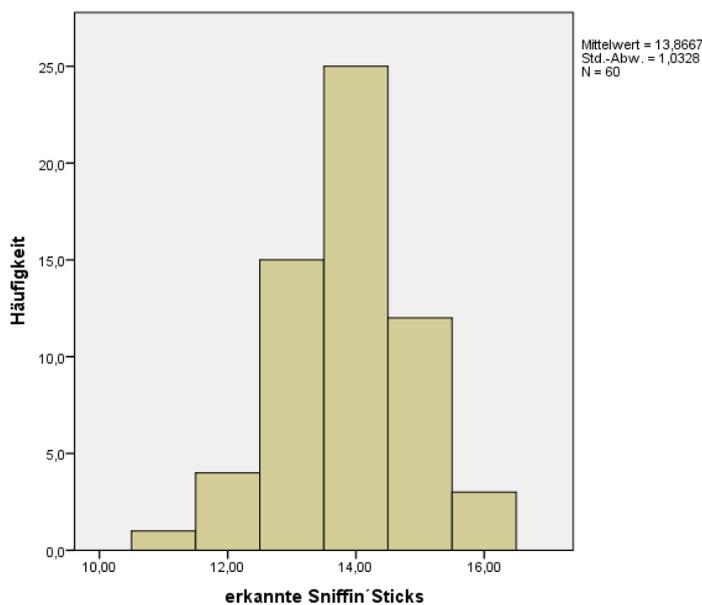


Abbildung 18: Anzahl der durchschnittlich richtig erkannten Gerüche im gesamten Studienkollektiv

Durch eine Aufteilung der Daten in die Kontroll- (Nichtraucher) und Untersuchungsgruppe (Raucher) wurden diverse Unterschiede in den Antworten verdeutlicht. Daraus geht hervor, dass nur eine Person, eine Raucherin, lediglich elf Stifte richtig identifiziert. Demgegenüber ordneten drei

aller 60 Probanden alle 16 dargebotenen Sniffin´Sticks richtig zu. Wobei davon wiederum zwei Nichtraucher und ein Raucher alle 16 richtig erkannte (Abb. 19).

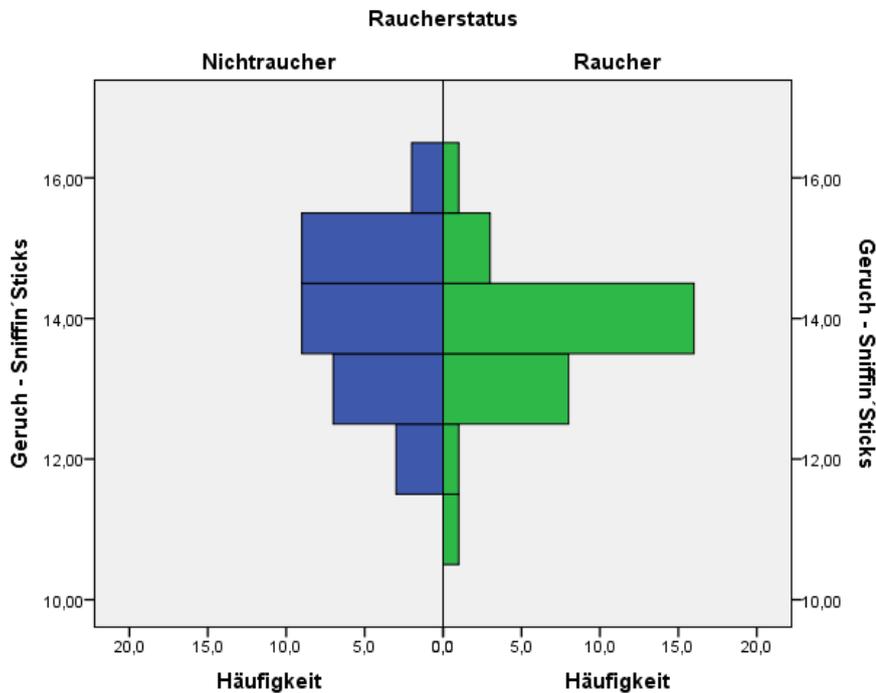


Abbildung 19: Gruppenspezifische Verteilung der erkannten Sniffin´Sticks

Insgesamt gab es bei 13 der 16 Sniffin´Sticks keine auffälligen Unterschiede zwischen den Gruppen. Die drei verbleibenden Stifte waren die Nr. 6 (Zitrone), die Nr. 8 (Terpentin) und die Nr. 11 (Apfel) (Tabelle 2, 3 und 4). Für diese Proben gaben die Testpersonen unterschiedliche Antworten. Dabei wurden von beiden evaluierten Gruppen für die Stifte sechs (Grapefruit anstatt Zitrone) und elf (Pfirsich anstelle von Apfel) wiederum gleiche falschen Antworten gegeben. Lediglich der Stift Nummer acht wurde von den beiden Gruppen unterschiedlich identifiziert. Die Raucher entschieden sich dabei für Gummi und die Nichtraucher für Menthol, anstatt für Terpentin. Trotzdem konnte hierfür keine Signifikanz in der Geruchswahrnehmung zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden.

Tabelle 2: Geruchsidentifikationstest Sniffin´Stick Nr. 6 (Zitrone)

		Raucherstatus		Gesamt
		Nichtraucherinnen	Raucherinnen	
Sniffin´Stick Nr.: 6	Zitrone	21	20	41
	Grapefruit	9	10	19
Gesamt		30	30	60

Tabelle 3: Geruchsidentifikationstest Sniffin´Stick Nr. 8 (Terpentin)

		Raucherstatus		Gesamt
		Nichtraucherinnen	Raucherinnen	
Sniffin´Stick Nr.: 8	Gummi	2	4	6
	Menthol	6	2	8
	Terpentin	22	24	46
Gesamt		30	30	60

Tabelle 4: Geruchsidentifikationstest Sniffin´Stick Nr. 11 (Apfel)

		Raucherstatus		Gesamt
		Nichtraucherinnen	Raucherinnen	
Sniffin´Stick Nr.: 11	Pfirsich	8	9	17
	Apfel	22	21	43
Gesamt		30	30	60

Abbildung 20 zeigt, dass sich die Untersuchungsgruppe von der Kontrollgruppe nicht signifikant unterscheidet. Trotzdem konnten die Raucher geringfügig weniger Riechstifte korrekt zuordnen ($13,73 \pm 0,95$) als die Nichtraucher ($14,00 \pm 1,12$).

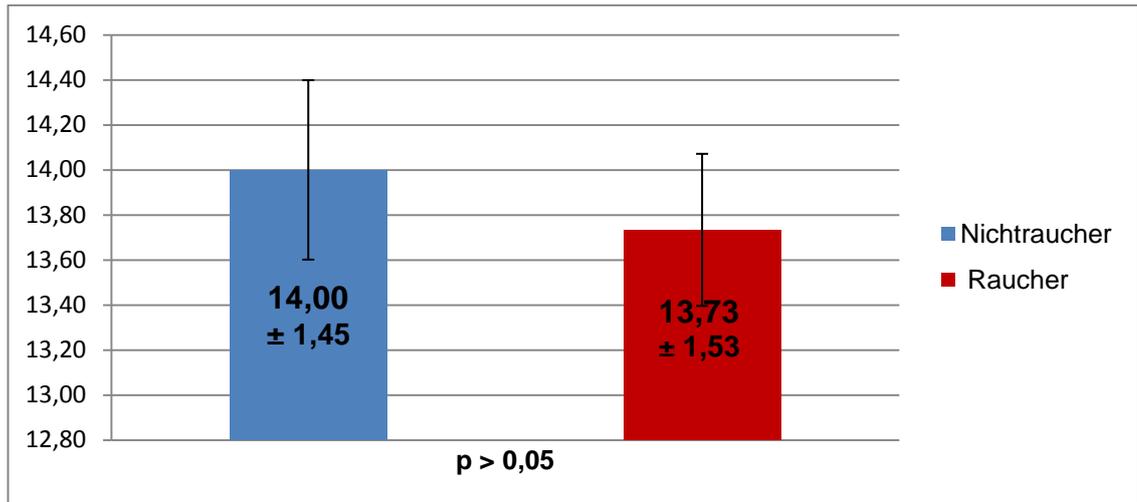


Abbildung 20: Vergleich der Ergebnisse des Geruchsidentifikationstests zwischen Rauchern und Nichtrauchern

4.1.2 Veränderung der gustatorischen Wahrnehmung durch das Rauchen

Das Minimum an richtigen Antworten beim Geschmacksidentifikationstest im gesamten Kollektiv lag bei drei, das Maximum bei allen zwölf dargereichten Geschmackslösungen. Der Mittelwert betrug $8,38 \pm 2,25$ richtig erkannten Wasserlösungen (Abb. 21).

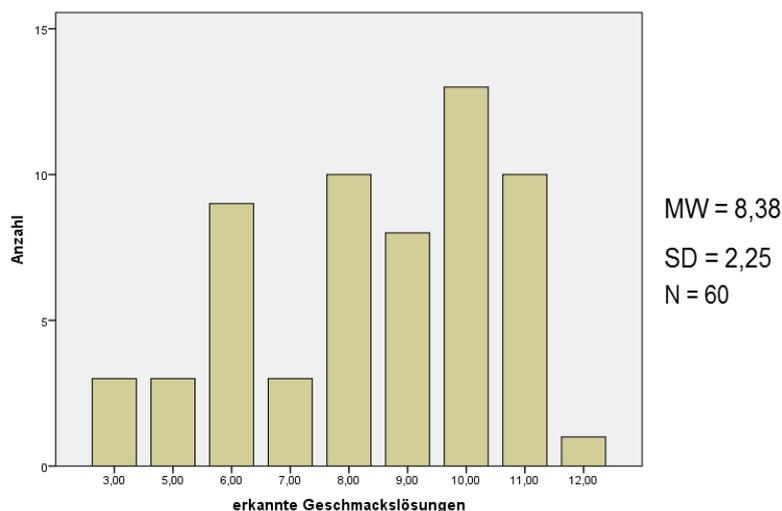


Abbildung 21: Anzahl der richtig erkannten Geschmackslösungen im gesamten Studienkollektiv

Dabei erkannten die Raucher $7,9 \pm 2,26$ und die Nichtraucher $8,87 \pm 2,16$ Geschmackslösungen richtig (Abb. 22). Zwischen den Gruppen wurde keine Signifikanz nachgewiesen ($p > 0,05$).

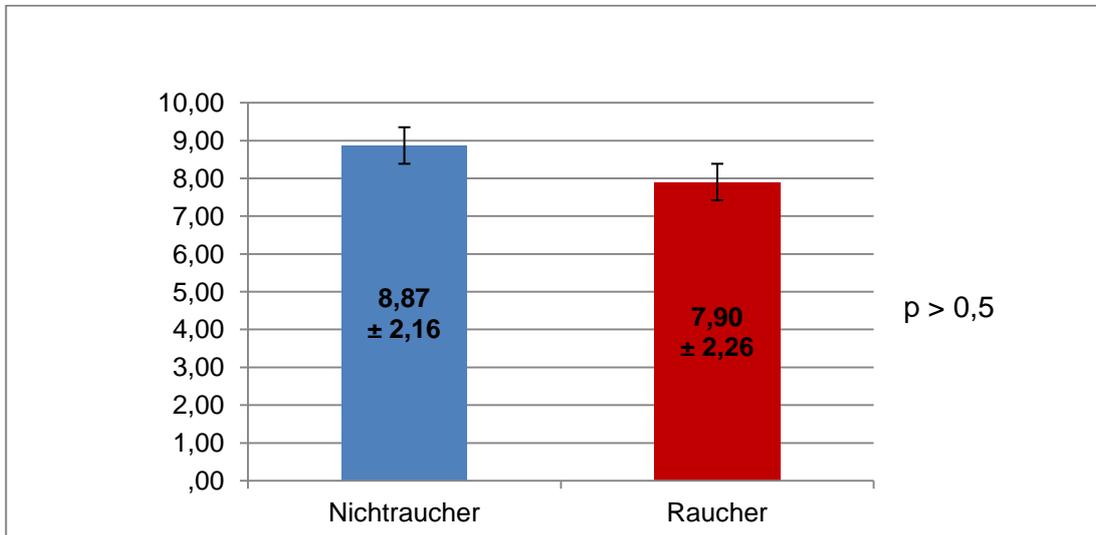


Abbildung 22: Vergleich der Ergebnisse des Geschmacksidentifikationstests zwischen Nichtrauchern und Rauchern

Den Minimalwert drei wurde von drei Testpersonen festgelegt, wovon zwei Prüfpersonen zu den Rauchern und eine Person zu den Nichtrauchern zählten. Lediglich eine Testperson aus der Gruppe der Nichtraucher konnte alle 12 Lösungen richtig identifizieren. Acht Nichtrauchern gelang die korrekte Zuordnung von zehn Geschmackspuben, das schafften aber nur fünf Raucher (Abb. 23).

Insgesamt haben 21,7 % der Probanden zehn der zwölf Lösungen richtig zugeordnet. Jeweils 16,7 % der Prüfpersonen konnten elf oder acht Geschmackslösungen korrekt identifizieren, sowie 15 % der Testpersonen gelang es mindestens sechs Proben richtig zu identifizieren (Abb. 24).

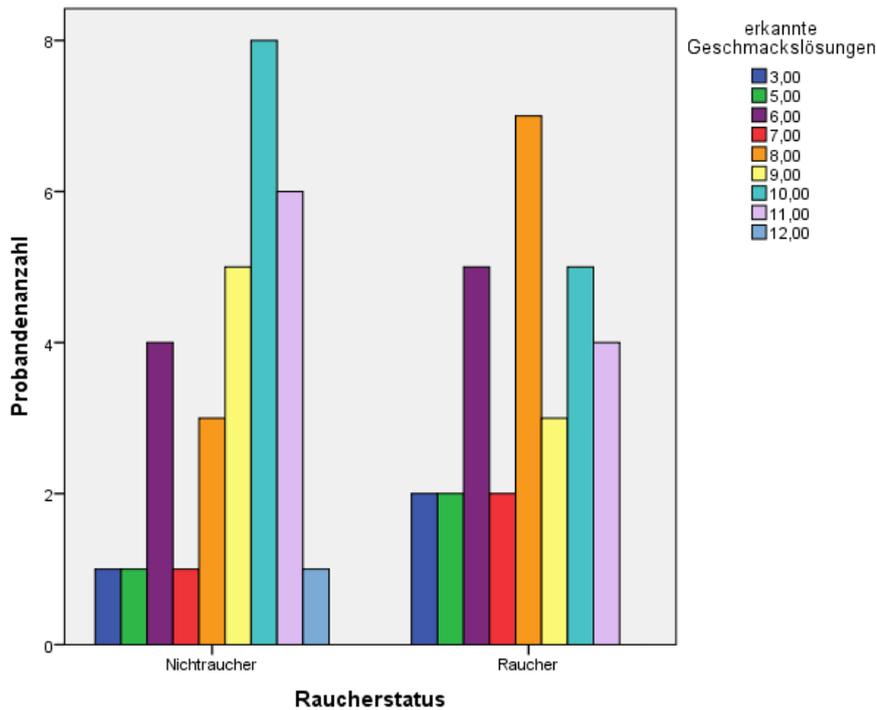


Abbildung 23: Anzahl richtig erkannter Geschmackslösungen von Nichtraucher und Raucher

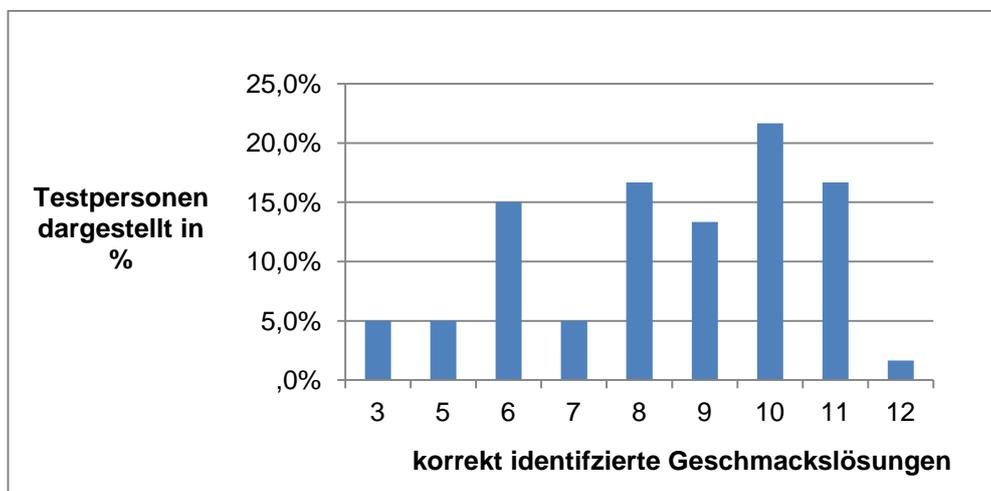


Abbildung 24: Anzahl der erkannten Geschmackslösungen in Prozent

Allgemein konnten zwischen den evaluierten Gruppen keine signifikanten Differenzen festgestellt werden (Tabelle 5). Signifikante Unterschiede ergaben sich aber bei der Betrachtung der einzelnen Geschmacksarten: bei der am stärksten konzentrierten bitteren Geschmackslösung mit der Kodierung

Nummer 255 ($p < 0,01$), bei der an der Schwelle konzentrierten sauren Lösung Nummer 188 ($p < 0,05$) und bei der unterschwelligen konzentrierten umami Lösung Nummer 591 ($p < 0,01$) (Tabelle 6).

Tabelle 5: Deskriptive Statistik der Geschmackslösungen

Raucherstatus		N	MW	SD	SE
Geschmack	Nichtraucher	30	8,8667	2,16131	,39460
	Raucher	30	7,9000	2,26442	,41342

Tabelle 6: Signifikante Differenzen der einzelnen Geschmacksarten zwischen Nichtrauchern und Rauchern

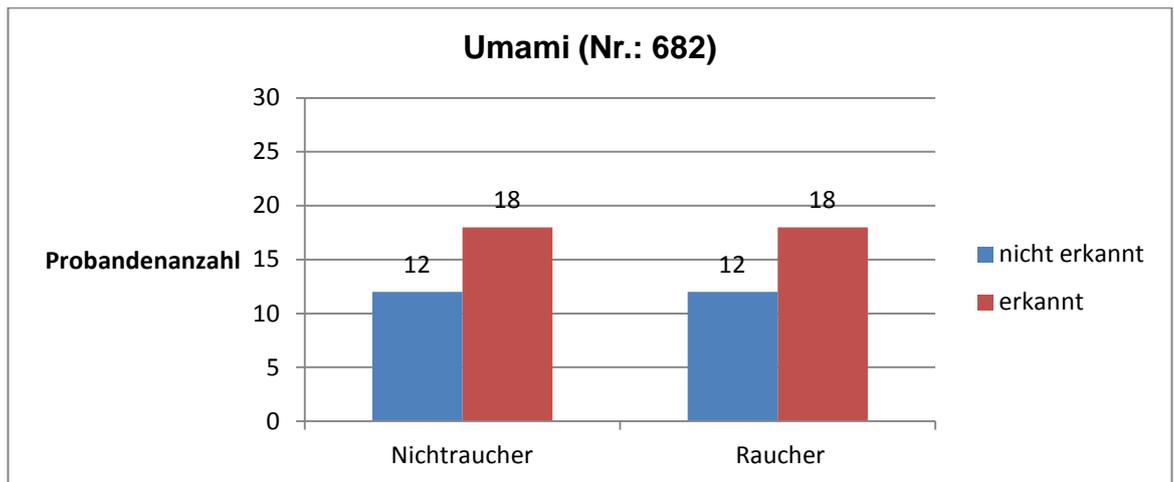
		Raucherstatus		Gesamt
		Nichtraucher	Raucher	
Sauer	nicht erkannt	4	13	17
Nr.: 188	erkannt	26	17	43
Gesamt		30	30	60

		Raucherstatus		Gesamt
		Nichtraucher	Raucher	
Bitter	nicht erkannt	8	20	28
Nr.:255	erkannt	22	10	32
Gesamt		30	30	60

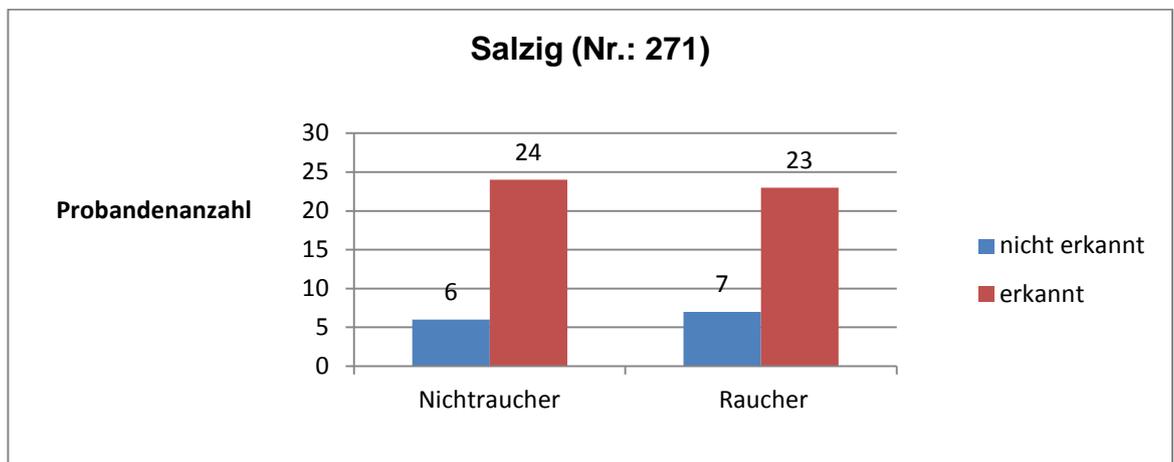
		Raucherstatus		Gesamt
		Nichtraucher	Raucher	
Umami Nr.:	nicht erkannt	9	19	28
591	erkannt	21	11	32
Gesamt		30	30	60

Eine Auswahl der Einzelergebnisse der überschwellig und schwellenwertig konzentrierten Geschmackslösungen beziehungsweise jenes der Nullprobe sind nachfolgend in Abb. 25 dargestellt.

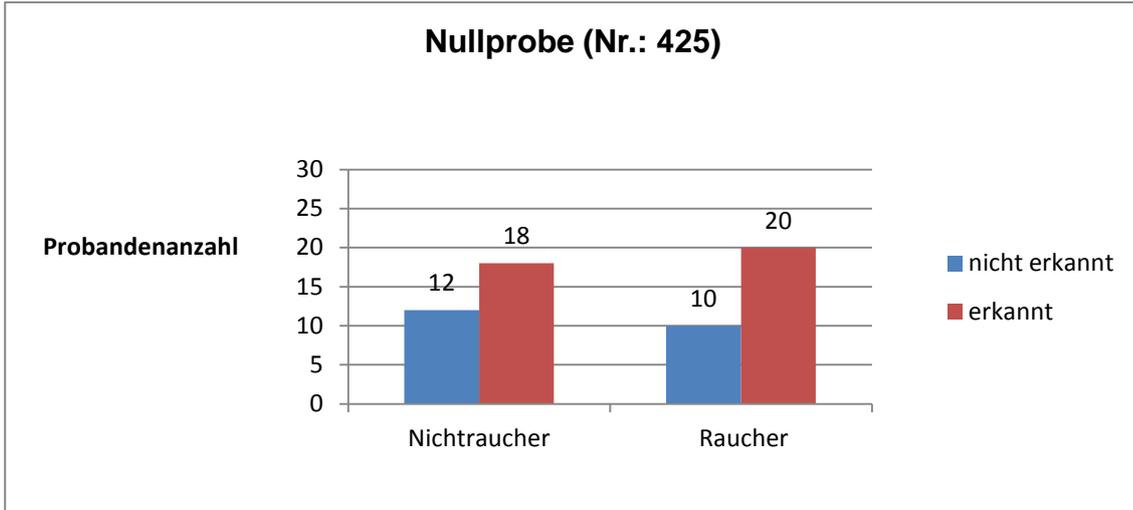
Nichtraucher und Raucher konnten den umami Geschmack (Probe 682) gleich gut erkennen. Bei salzig, sauer, süß und Nullprobe-Wasser waren die Ergebnisse sehr ausgeglichen. Die signifikanten Unterschiede ergaben sich erst beim bitteren Geschmack. 22 Nichtrauchern und acht Rauchern gelang die korrekte Identifikation der bitteren Probe. 20 Raucher und acht Nichtraucher identifizierten die bittere Geschmackslösung nicht als solche.



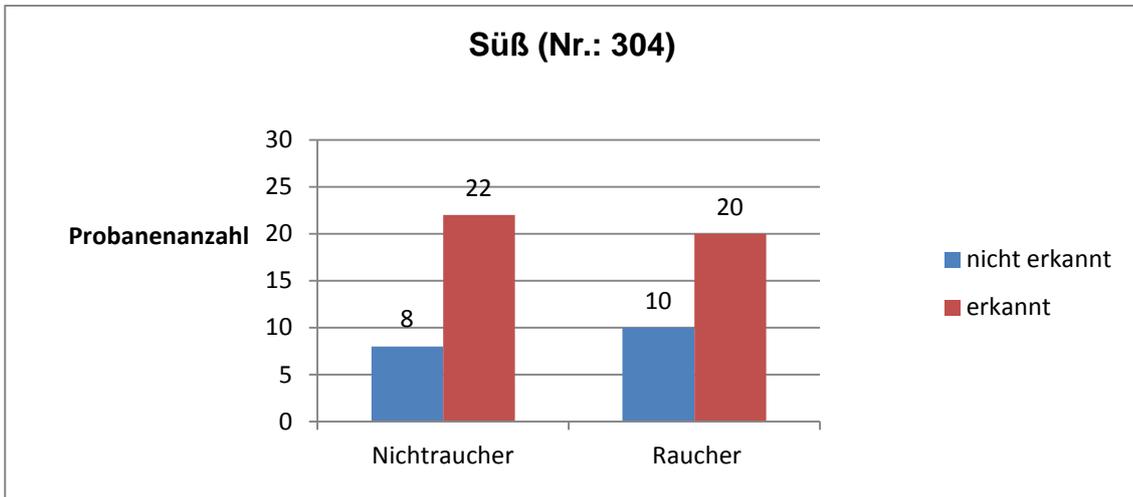
a)



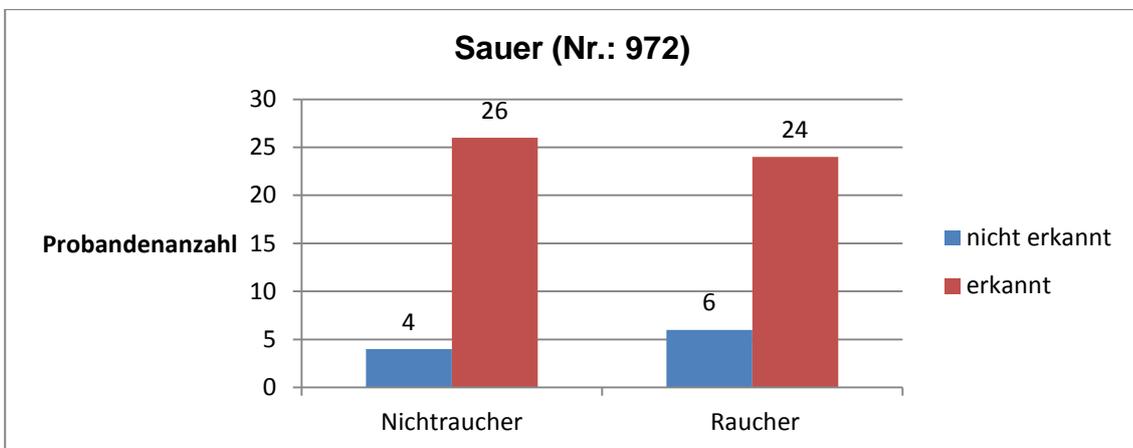
b)



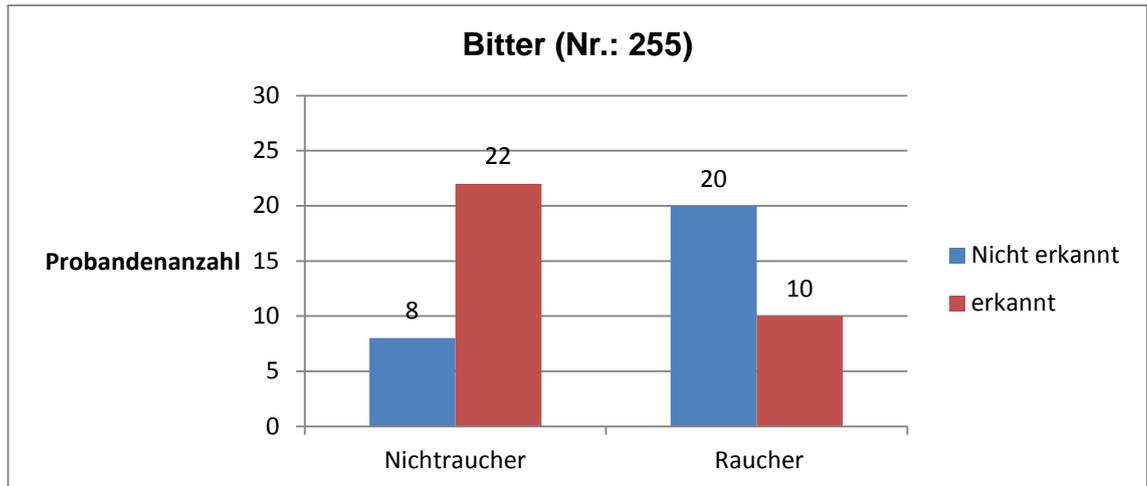
c)



d)



e)



f)

Abbildung 25: Anzahl der richtig erkannten einzelnen Geschmacksarten zwischen Nichtrauchern und Rauchern: a) Umami; b) Salzig; c) Nullprobe; d) Süß; e) Sauer; f) Bitter

4.1.3 Zusammenhang der chemischen Sinnesmodalitäten

Der Geruchssinn und der Geschmackssinn korrelierten unabhängig vom Raucherstatus nicht miteinander ($r = -0,02$).

Der Zusammenhang des olfaktorischen und gustatorischen Sinnes in Abhängigkeit des Raucherstatus ist in Abb. 26 erkennbar. Daraus geht hervor, dass jene Personen die Gerüche gut identifizieren konnten, größtenteils auch beim Geschmackstest gut abschnitten. Folglich bedeutet das, je höher die Punkte im Diagramm liegen, desto besser war das Geruchs- und Geschmacksempfinden ausgeprägt. Die im Diagramm dargestellte Trendlinie verdeutlicht diese Tendenz. So geht daraus eine negative Korrelation ($r = -0,22$) zwischen der Geruchs- und Geschmacksempfindung in der Gruppe der Raucher hervor. Dieser Effekt ist bei Nichtrauchern positiv ausgeprägt. Das bedeutet, dass das Rauchen einen negativen Einfluss auf den olfaktorischen und gustatorischen Sinn ausübt, wenngleich dies in der Untersuchung nicht mit durchgehenden Signifikanzen nachgewiesen werden konnte (Abb. 26).

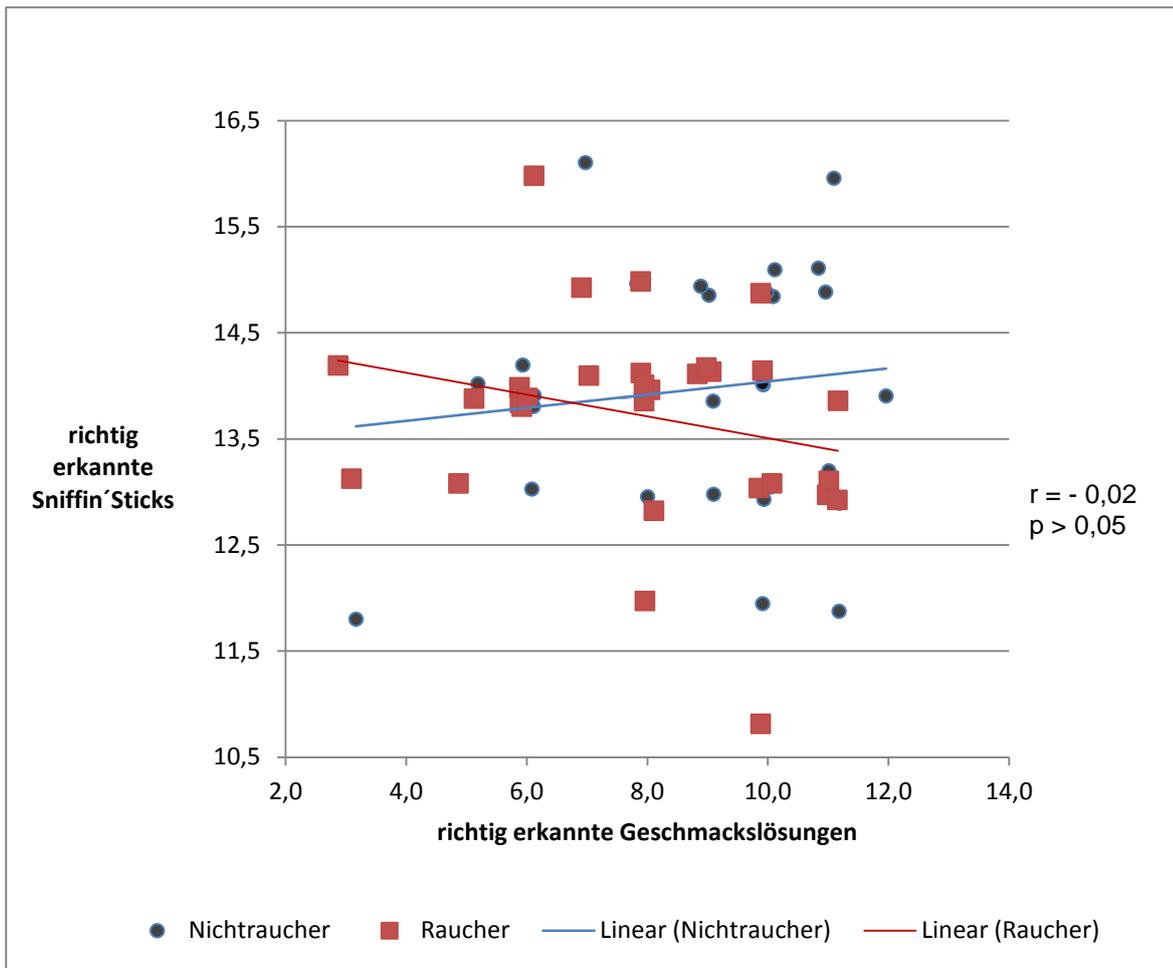


Abbildung 26: Interaktion der chemischen Sinne in Abhängigkeit des Raucherstatus

4.1.4 Veränderung der retronasalen Wahrnehmungsfähigkeit durch das Rauchen

Die Wahrnehmungsfähigkeit der beiden evaluierten Gruppen bezüglich der pro- und retronasalen Empfindung ist in Abb. 27 und 28 dargestellt. Es zeigten sich Unterschiede in der angegebenen Intensität des Apfelaromas sowie des Apfelflavours. Insgesamt sind diese aber nicht signifikant verschieden.

Zwischen den beiden evaluierten Gruppen konnte keine Signifikanz einer durch das Rauchen veränderten pro- und retronasalen Empfindung nachgewiesen werden ($p > 0,05$) (Abb. 27 und 28).

Der Mittelwert für die retronasale Wahrnehmung lag für die Nichtraucher bei $7,13 \pm 2,11$ und für die Raucher bei $7,4 \pm 1,70$ (Abb. 27). Ein Nichtraucher bewertete die retronasale Intensität des Apfelaromas mit dem Skalenwert von zwei und vier Nichtraucher beurteilten diese mit dem Skalenwert zehn. 13 Raucher vergaben den Skalenwert acht und sieben Raucher bewerteten das retronasal empfundene Apfelaroma mit 9 Punkten. Vier Nichtraucher beurteilten diese Intensität mit dem Wert neun (Abb. 27).

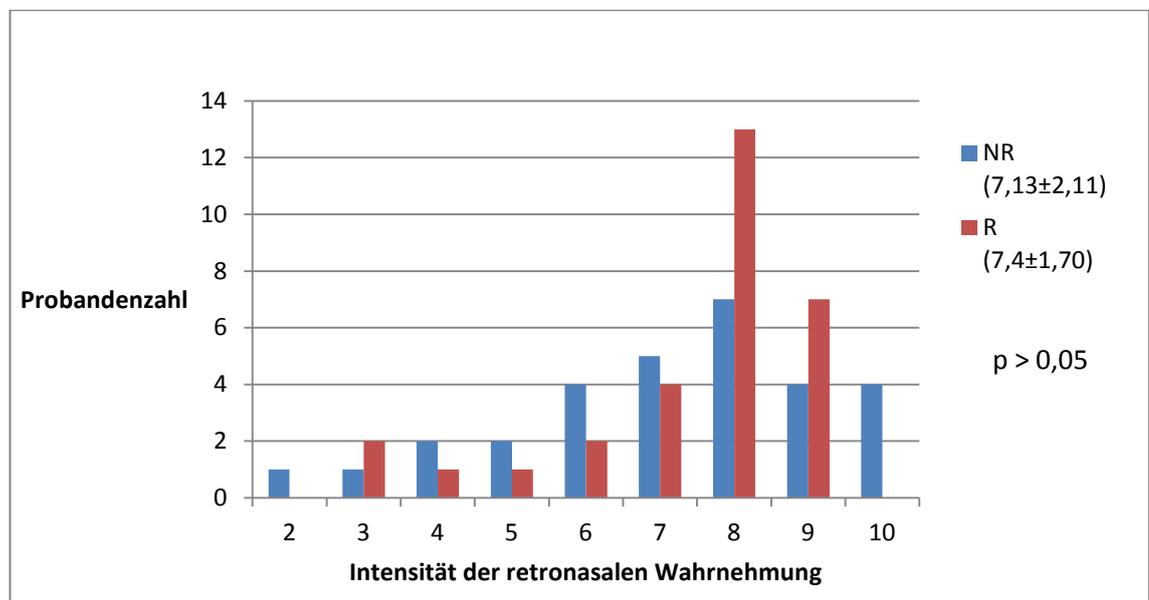


Abbildung 27: Vergleich der retronasalen Empfindung zwischen Nichtrauchern (NR) und Rauchern (R)

Für die pronasal wahrgenommene Intensität des Apfelaromas ergab sich für die evaluierte Gruppe der Nichtraucher ein Mittelwert von $6,94 \pm 1,72$ und für die Raucher ein Wert von $6,64 \pm 2,22$ (Abb. 28). Der Unterschied ergab sich als nicht signifikant.

Das Minimum der pronasal empfundenen Intensität des Apfelaromas wurde von Rauchern mit einem Skalenwert von zwei und von Nichtrauchern mit dem Mindestwert drei angegeben. Die pronasale Empfindung war in der

Untersuchungsgruppe (Raucher), obwohl nicht signifikant, in einem geringeren Ausmaß ausgeprägt. Jeweils ein Raucher bewertete die pronasale Intensität mit dem Skalenwert zwei beziehungsweise sechs. Acht Raucher vergaben für die pronasale Aromastärke insgesamt sieben sowie sechs Raucher vergaben neun Punkte.

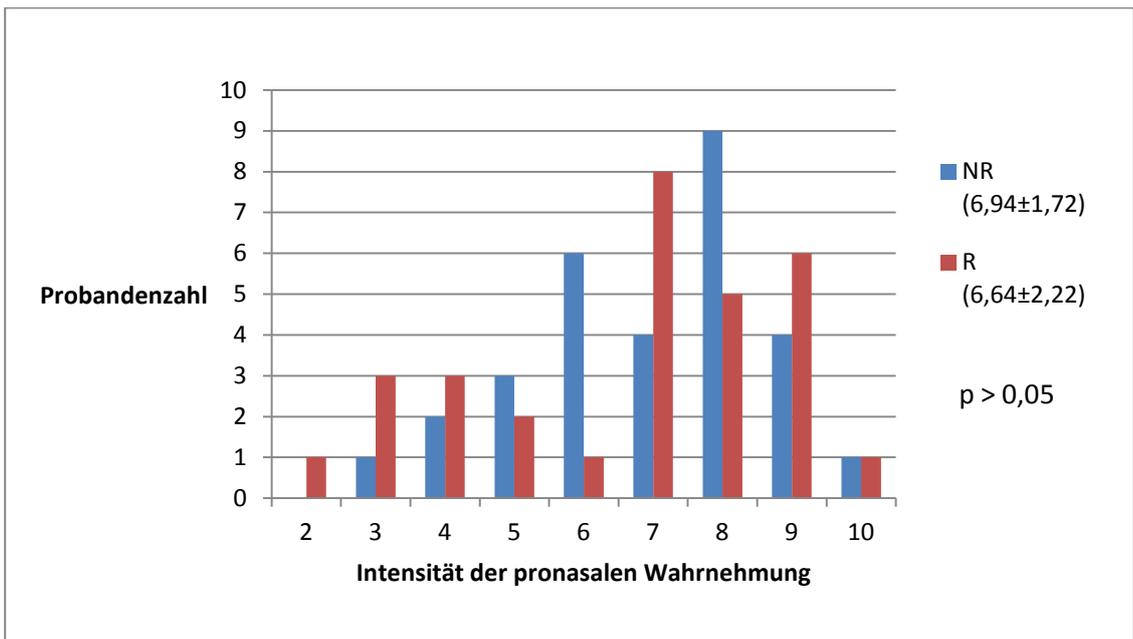


Abbildung 28: Vergleich der pronasalen Empfindung zwischen Nichtrauchern und Rauchern

4.1.5 Faktoren die die Geruchs- und Geschmackswahrnehmung beeinflussen

4.1.5.1 Einfluss der konsumierten Zigarettenmenge auf die Geschmackswahrnehmung

Um einen Zusammenhang zwischen der täglichen gerauchten Zigarettenmenge und einer damit einhergehenden verminderten Geruchswahrnehmung zu untersuchen, wurden die evaluierten Testpersonen in drei Untergruppen unterteilt. Dabei handelte es sich um die Gruppe der Nichtraucher, diejenigen

Raucher die unter zehn Zigaretten täglich verbrauchten (= „wenig“) und in jene Raucher die mehr als zehn Zigaretten täglich (= „viel“) konsumierten. Von diesem festgelegten Grenzwert ist eine unbeabsichtigte Teilung der Rauchergruppe in je zwei gleich große Untergruppen erfolgt. Die Raucher die zur Gruppe „wenig“ zählten, haben eine bessere Geschmackswahrnehmung als die „viel“-Raucher. Wie aus der Tabelle 7 abzulesen ist, beeinflusste die Zigarettenmenge die Geschmackswahrnehmung in Vergleich zur Kontrollgruppe der Nichtraucher signifikant ($p < 0,05$).

Tabelle 7: Einfluss der Zigarettenmenge auf die Geschmackswahrnehmung

Parameterschätzer

Abhängige Variable: Geschmack

Parameter	Regressionskoeffizient B	SE	T	Sig.	95%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	7,467	,571	13,082	,000	6,324	8,610
Nichtraucher	1,400	,699	2,003	,050	,000	2,800
wenig Raucher	,867	,807	1,074	,287	-,750	2,483
viel Raucher	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

Wie in Abb. 29 dargestellt, war ein Unterschied in der Geschmackswahrnehmung zwischen den Nichtrauchern und den Gruppen der Raucher gegeben. Signifikant war diese Differenz nur für die Nichtraucher im Vergleich zu den „viel“-Rauchern ($p < 0,05$). Der Unterschied der Nichtraucher zu den „wenig“-Rauchern konnte nicht mehr als signifikant nachgewiesen werden konnte ($p > 0,05$).

Auch waren jene zwei Raucher, die nur drei Grundgeschmackslösungen richtig zuordnen konnten, aus der Gruppe der viel-Raucher.

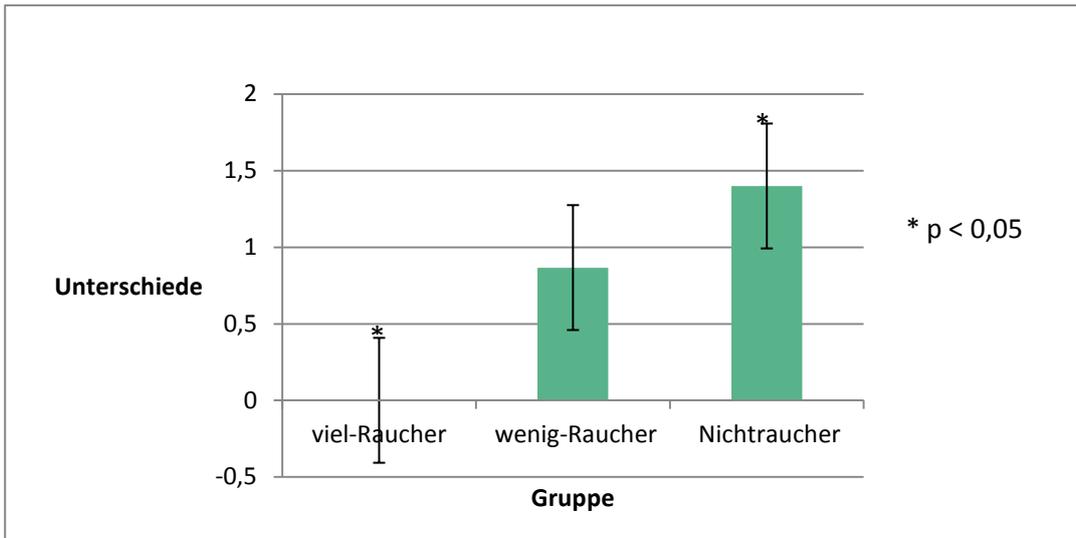


Abbildung 29: Geschmackserkennung in Abhängigkeit von der Zigarettenmenge

4.1.5.2 Einfluss der Zigarettenmenge auf die Geruchswahrnehmung

Die in Tabelle 8 angeführten Ergebnisse zeigen keinerlei Signifikanzen für gegebene Differenzen der Geruchswahrnehmung in Abhängigkeit zur Zigarettenmenge zwischen den einzelnen Gruppen ($p > 0,05$). Ein Einfluss bezüglich der konsumierten Zigarettenmenge auf eine verminderte Geruchswahrnehmung konnte nicht nachgewiesen werden ($p > 0,05$).

Tabelle 8: Einfluss der Zigarettenmenge auf die Geruchswahrnehmung

Parameterschätzer

Abhängige Variable: Geruch

Parameter	Regressionsko effizientB	SE	T	Sig.	95%-KI	
					UG	OG
Konstanter Term	13,533	,266	50,806	,000	13,000	14,067
Nichtraucher	,467	,326	1,430	,158	-,187	1,120
wenig Raucher	,400	,377	1,062	,293	-,354	1,154
viel Raucher	0 ^a	.	.	.	.	.

a. Dieser Parameter wird auf Null gesetzt, weil er redundant ist.

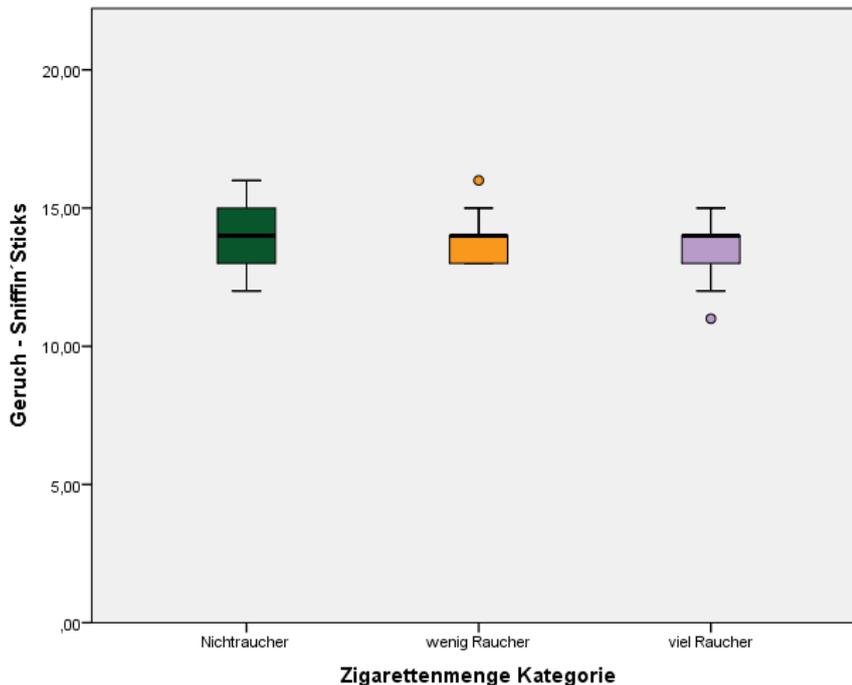


Abbildung 30: Geruchserkennung in Abhängigkeit zur Zigarettenmenge

Es existierten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Rauchern und Nichtrauchern (Abb. 30). Die Medianwerte aller drei Box-plots zeigen keine auffälligen Abweichungen. Im Interquartilsabstand (IQR) gibt es eine Verschiebung um einen Sniffin´Stick. Im Vergleich der Kontrollgruppe mit derjenigen der Vielraucher, war die Anzahl der korrekten Antworten um einen Wert erhöht (NR zwischen 16 und 12; viel = 15 bis 11 richtige Werte).

4.1.5.3 Einfluss der konsumierten Kaffeemenge auf die Identifikation des bitteren Geschmacks

Um einen Einfluss des Kaffeekonsums auf die Erkennung des bitteren Geschmacks zu untersuchen, wurde die am Fragebogen angegebene Kaffeemenge der Probanden wiederum in die zwei Kategorien viel (täglich, bis zu 3mal pro Woche) und wenig (selten, nie) unterteilt. Es konnte trotz dieser Klassifizierung keinerlei Signifikanz zwischen dem Kaffee-Konsum und der Wahrnehmung der dargebotenen bitteren Lösung nachgewiesen werden, obwohl diese aus Koffein hergestellt worden war ($p > 0,05$).

4.1.5.4 Einfluss des konsumierten Biers auf die Identifikation des bitteren Geschmacks

Um den Einfluss des Bierkonsums auf die Erkennung des bitteren Geschmacks zu erheben wurden aus dem Untersuchungskollektiv zwei Gruppen gebildet. Die Aufteilung erfolgte in die Gruppe der Bierkonsumenten und in alle anderen verbleibenden Personen.

Der Genuss von Bier auf die Wahrnehmung beziehungsweise auf den eigentlich untersuchten Zusammenhang der Erkennung des bitteren Geschmacks ergab einen signifikanten Zusammenhang ($p < 0,05$). Dabei erfassten vier Bierkonsumenten den bitteren Geschmack nicht als solchen. Dem gegenüber erkannten 14 Probanden die bittere Lösung.

4.1.5.5 Einfluss durch hormonelle Verhütungsmittel

Im gesamten Studienkollektiv verwendeten 39 (65 % der evaluierten Personen) der 60 Frauen hormonelle Verhütungsmittel. Ein möglicher Einfluss einer hormonellen Verhütung auf die Geruchswahrnehmung wurde anhand eines Regressionsmodells ermittelt.

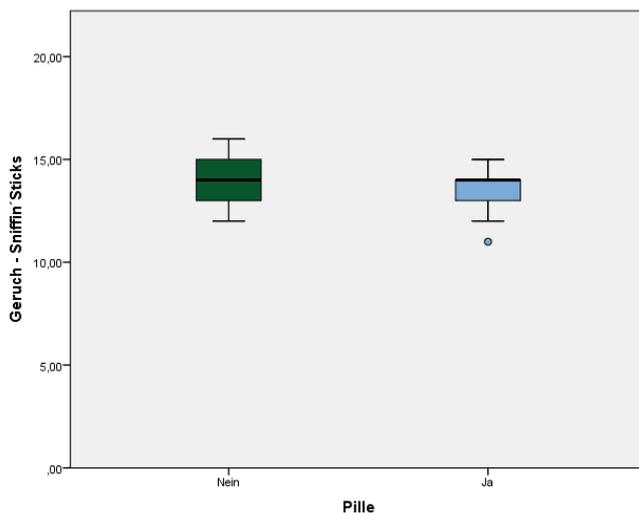


Abbildung 31: Geruchserkennung und hormonelle Verhütung

Die insgesamt richtigen abgegebenen Antworten im Geruchstest, lagen bei den Frauen die die Pille nicht genommen haben um einen erkannten Riechstift über

denen die die Pille nahmen (Abb. 31). Für die 60 evaluierten Testpersonen konnte kein signifikanter Zusammenhang hinsichtlich einer hormonellen Verhütung und einer damit verbundenen veränderten Geruchswahrnehmung nachgewiesen werden ($p > 0,05$).

4.2 Diskussion

Viele Studien zeigen negative Auswirkungen auf die chemischen Sinnesmodalitäten durch das Rauchen. In vorliegender Masterarbeit konnte keine Signifikanz einer veränderten Geruchswahrnehmung in Zusammenhang mit dem Rauchverhalten nachgewiesen werden. Doch beschreiben zahlreiche Autoren einen existierenden negativen Einfluss durch das Rauchen auf den Geruchssinn [VENNEMANN et al., 2008; HAYES und JINKS, 2012; FRYE et al., 1990].

Der Durchführungszeitraum der Studie war in den Wintermonaten angesetzt. Personen, die Medikamente einnahmen wurden von vornherein nicht in die Kontroll- beziehungsweise in die Untersuchungsgruppe aufgenommen. Trotzdem ist es durchaus möglich, dass Personen in die Studie mit einbezogen wurden, die eine Erkältung oder dergleichen hatten, aber keinerlei Medikamente dafür einnahmen.

Ein anderer, vielleicht für das Studienkollektiv geeigneterer Geruchstest könnte zu signifikanten Ergebnissen führen. Ein schwierigerer Test würde vermutlich zuallererst zu einer anderen, breiteren Verteilung der erkannten Geruchsstoffe führen, wodurch ein eventuell vorhandener Unterschied in der Geruchswahrnehmung bei selbiger Studiengröße leichter festgestellt werden könnte. Die vorliegenden Ergebnisse der korrekt identifizierten Gerüche, anhand der Methode der Sniffin´Sticks, waren im oberen Drittel (zwischen 11 und 16 erkannten Riechstiften) angesiedelt.

KATOTOMICHELAKIS et al. [2007] ermittelten zusätzlich zum Schwellen-, Diskrimination- und Identifikationstest den TDI-Score von 65 Rauchern und 49 Nichtrauchern, wodurch man umfassendere Informationen zum Riechvermögen der beiden Gruppen erhielt. Es konnten Signifikanzen hinsichtlich des negativen Einflusses der konsumierten Zigarettenmenge auf die Geruchswahrnehmung

nachgewiesen werden. Dieser Effekt zeigte sich unabhängig vom Geschlecht oder Alter der evaluierten Personen.

Die Ergebnisse des Geschmacksidentifikationstests in vorliegender Arbeit zeigten keine eindeutige durchgängige Signifikanz zwischen den beiden Gruppen der Raucher und Nichtraucher. Für die einzelnen Geschmacksarten konnten jedoch bei bitter ($p < 0,01$), sauer ($p < 0,05$) und umami ($p < 0,01$) eindeutige Signifikanzen nachgewiesen werden. Die signifikanten Ergebnisse der Natriumglutamatlösung könnten möglicherweise dadurch zustande gekommen sein, dass gemeinhin diese Geschmacksqualität (noch) nicht allzu geläufig und bekannt ist, obwohl vor Studienbeginn besonders auf diese Wasserlösung hingewiesen und der dafür charakteristische Eindruck auch genauer beschrieben wurde. Trotzdem ist dazu anzumerken, dass das Ergebnis bereits in der unter-schweligen Konzentration zwischen den Gruppen signifikant ausgeprägt war. Dadurch liegt die Vermutung nahe, dass die einbezogenen Prüfpersonen durchaus in der Lage waren, diese Basalqualität richtig einzuordnen. Jedoch gelang dies den Rauchern erst in einer am Schwellenwert konzentrierten Lösung.

In der Studie von VENNEMANN et al. [2008] wurde daher diese fünfte Geschmacksqualität nicht mit einbezogen.

ENOCH et al. [2001] kommen zum Schluss, dass das Rauchen vor allem auf die bittere Empfindungsintensität Einfluss nimmt.

PAVLOS et al. [2009] beschrieben auch die Unterschiede in der bitteren Wahrnehmung zwischen den Rauchern und Nichtrauchern. Die Autoren bedienten sich der Methode der Elektrogustometrie, und konnten höhere benötigte Schwellenwerte für die Gruppe der jüngeren Raucher nachweisen.

MULLINGS et al. [2010] konnten nicht für alle getesteten Geschmacksqualitäten signifikante Unterschiede zwischen den Rauchern und Nichtrauchern, sowie zwischen den Geschlechtern nachweisen. Signifikante Differenzen ergaben sich aber wieder bei der Erkennung des bitteren Geschmacks zwischen den Rauchern und Nichtrauchern.

Signifikante Unterschiede ermittelten YEKTA et al. [2012] bei der Wahrnehmung des salzigen Geschmacks zwischen Rauchern und Nichtrauchern und stellten fest, dass Nichtraucher eine 12-14mal niedrigere Salzkonzentration als die Raucher erkannten.

In vorliegender Arbeit identifizierten insgesamt 24 Nichtraucher sowie 23 Raucher die salzige Lösung.

VENNEMANN et al. [2008] evaluierte in einer umfassender angelegten Studie mit 1277 Testpersonen, davon waren 44,1 % Nichtraucher, 30,4 % Exraucher und 25,5 % Raucher, dass jede fünfte Prüfperson vom Gesamtkollektiv eine überschwellig konzentrierte Geschmackslösung nicht mehr richtig zuordnen konnte. Das Rauchen verursachte eine generelle Abnahme der Geruchs- und der Geschmacksleistung.

Einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem olfaktorischen und gustatorischen Sinn ($r = 0,423$; $p < 0,05$) konnte von KANEDA et al. [2000] beobachtet werden.

Ein Zusammenhang zwischen Geruchs- und Geschmackssinn ($r = -0,02$) konnte in vorliegender Arbeit nicht signifikant festgestellt werden ($p > 0,05$). Personen die besser rochen, erkannten meist eine höhere Anzahl an Geschmackslösungen. Dieser Effekt war bei den Raucherinnen schwach negativ korreliert. Es konnte aber eine signifikante Korrelation zwischen der konsumierten Zigarettenmenge und der gustatorischen Wahrnehmungsfähigkeit beobachtet werden. Ab einer Zigarettenmenge von mehr als 10 Stück pro Tag, wurde ein signifikanter Unterschied im Vergleich zu den Nichtrauchern nachgewiesen ($p < 0,05$).

Der Effekt war in der Literatur ausführlich beschrieben worden. Meist ermittelten die Wissenschaftler dafür anhand einer Multiplikation sogenannte „Zigarettenpackungsjahre“ (pack-years). Man multiplizierte dafür die täglich verbrauchten Zigarettenpackungen mit den Jahren, die die Teilnehmer rauchten [KATOTOMICHELAKIS et al., 2007; MATSUDA et al., 2002]

Raucherinnen die Light-Zigaretten verwenden wurden in vorliegender Untersuchung ausgeschlossen, da dieser Effekt für die Geschmacksempfindung in der Literatur als nachteilig beschrieben wurde [MULLINGS et al., 2010].

Für den eventuellen Unterschied zwischen den Gruppen in der retronasalen Wahrnehmung konnte jedoch keinerlei Signifikanz nachgewiesen werden. Das bedeutet jedoch auch, dass keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden kann, dass dieser Unterschied tatsächlich nicht vorhanden ist.

Die Ergebnisse einer Forschung von ROMBAUX et al. [2006] zeigen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Olfactory Bulb-Volumen und der retronasalen Wahrnehmungsfähigkeit existiert.

LANDIS et al. [2003] hatten für ihre Forschung der retro- und pronasalen Geruchsfunktion Patienten mit Nasenpolypen sowie gesunde Testpersonen und ermittelten den TDI in einer reduzierten Version. Es wurde eine Auswahl von zehn Stiften getroffen. Die jeweiligen Duftstoffe der dargebotenen Sniffin´Sticks wurden dazu auch in Pulverform gereicht, um den retronasalen Eindruck zu ermitteln. Den gesunden Prüfpersonen der Kontrollgruppe gelang es signifikant besser orthonasale als auch retronasale Gerüche zu identifizieren als den Patienten mit Nasenpolypen aus der Untersuchungsgruppe ($p < 0,001$). Trotzdem vermochten diese Patienten retronasal dargebotene Gerüche häufiger zu erkennen als die dazu äquivalenten pronasalen Duftstoffe.

Der Mensch besitzt eine natürliche angeborene Aversion für bittere Substanzen. Diese Abneigung schützt uns seit jeher vor möglichen Vergiftungen [YARMOLINSY et al., 2006; TEMUSSI, 2009].

Aufgrund der zahlreichen und unterschiedlichen existierenden Bitterrezeptoren ist es unmöglich dazu relevante Ergebnisse zu erhalten [GYES et al., 2012].

Für das hier vorliegende signifikante Ergebnis des Bierkonsums in Abhängigkeit der bitteren Basalqualität gibt es zwei mögliche Erklärungsansätze:

1.) Personen, die Bier konsumieren, sind mit dem bitteren Geschmack vertrauter. Sie empfinden diesen nicht mehr in der vollen Intensität.

2.) Personen trinken Bier, weil sie von vornherein unempfindlicher auf den bitteren Eindruck reagieren.

Tabakwaren, insbesondere das Alkaloid Nikotin, sind bitter und giftig. Bleibt die Frage zu klären, wenn Nikotin giftig ist und der Mensch eine Art natürlichen Schutzmechanismus besitzt, warum Rauchen dann die Menschen?

Dazu gibt es wiederum verschiedene Erklärungsansätze.

ENOCH et al. [2001] untersuchten diesen Zusammenhang anhand der bitteren Substanz Phenylthiocarbamid (PTC). Dabei fanden die Autoren signifikante Differenzen einer verminderten PTC-Wahrnehmung bei einem Zigarettenkonsum von mehr als 25 Zigaretten täglich.

Anzunehmen ist etwa auch, dass diese eingeschränkte Empfindlichkeit aufgrund einer geringeren Anzahl an Geschmacksknospen zurückzuführen ist. Ebenfalls könnte ein Zusammenhang mit der Funktion des Nervensystems an der Zunge bestehen [DUFFY et al., 2004].

Der mindestens verstrichene zeitliche Abstand von 30 Minuten zwischen der letzten Zigarette und dem Test könnte auch durchaus einen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Eine höher angesetzte Zeitspanne zwischen der letzten Zigarette und dem Test könnte die Ergebnisse eventuell in eine andere Richtung lenken.

PAVLOS et. al. [2009] bedienten sich bei ihrer Untersuchung bezüglich der Auswirkungen des Rauchens auf den gustatorischen Sinn der Methode Elektrogustometrie sowie der Kontakt-Endoskopie. Die Probanden durften vor Studienbeginn mindestens eine Stunde nichts trinken. Von einem generellen Rauchverbot wird in der Studie jedoch nichts erwähnt.

KONSTANTINIDIS et al. [2010] führten eine randomisierte Studie über die Auswirkungen des Rauchens auf die Geschmacksempfindung durch. Die Probanden durften eine Stunde vor Studienbeginn nichts Essen oder Trinken, mit Ausnahme von Wasser. Rauchen oder Zähneputzen waren ebenso untersagt.

VENNEMANN et al. [2008] hatten durch das einstündige Interview ebenfalls einen Mindestabstand von 60 Minuten vor Testbeginn. Die Forscher erwähnen jedoch nicht explizit, dass keinerlei Substanzen zugeführt werden durften.

Somit hatten die Probanden in den erwähnten Studien einen doppelt so langen Zeitraum zwischen dem Testverfahren und der letzten Zigarette. Die Anwendung der aufwendigeren und genaueren Methode der Kontaktendoskopie erbrachte den Nachweis für den bitteren Geschmackseindruck. Eine morphologische Veränderung durch das Rauchen ist vor allem bei den Fadenpapillen gegeben. Zugleich wird darauf hingewiesen, dass diese Papillen wenig Einfluss auf eine unterschiedliche Geschmackserkennung zwischen den Rauchern und Nichtrauchern einnehmen, da diese Papillen vorwiegend der Tastempfindung dienen [PAVLOS et al., 2009]. Beschrieben wird von den Forschern auch die morphologische Einflussnahme auf die Pilzpapillen. Es wird zudem eine Evidenz für den Zusammenhang zwischen der allgemeinen vorhandenen Anzahl an Pilzpapillen und der damit einhergehenden Geschmackssensibilität beschrieben. Diese konnten jedoch in den unterschiedlichen Altersgruppen nicht in einer reduzierten Zahl festgestellt werden. Trotz allem konnte keinerlei Zusammenhang zwischen dem Rauchen und einer damit verbundenen Einflussnahme auf die Pilzpapillen nachgewiesen werden [KONSTANDINIDIS et al., 2010; PAVLOS et al., 2009].

Dass durch eine Schwangerschaft zahlreiche hormonelle Veränderungen stattfinden, ist gemeinhin bekannt. Zudem konnte in Untersuchungen an Schwangeren eine veränderte Geruchsempfindlichkeit im Bezug auf Tabak und andere Gerüche festgestellt werden [PLETSCH et al., 2008].

Schwangere bezeichnen im Vergleich zu nicht-Schwangeren häufig den Geruch von Kaffee, Zigarettenasche oder Alkohol als unangenehm, wodurch ein verändertes Essverhalten herrührt [NORDIN et al., 2004].

Da in vorliegender Arbeit nur weibliche Probanden aufgenommen wurden, wurde der Einfluss einer hormonellen Verhütung auf eine möglicherweise vorhandene olfaktorische Veränderung evaluiert. Durch diese Art der Verhütung

wird dem Körper eine Schwangerschaft vorgetäuscht, woraus sich der hierbei erforschte Zusammenhang ableitet.

Jedoch konnte keinerlei Zusammenhang zwischen einer veränderten Geruchswahrnehmung in Abhängigkeit einer hormonellen Verhütung nachgewiesen werden ($p > 0,05$).

Dennoch berichten Frauen immer wieder von einer veränderten Empfindungsstärke für die chemischen Sinne. Einer Studie zufolge leiden 93 % der schwangeren Frauen an einer veränderten gustatorischen Wahrnehmung. Im ersten Trimester sind sogar 98 % der Frauen davon betroffen. Hingegen nur 64 % berichten von einer veränderten olfaktorischen Sinneswahrnehmung [NORDIN et al., 2004].

5 Schlussbetrachtung

In der vorliegenden Masterarbeit konnten manche in der Literatur beobachtete negativen Auswirkungen, auf die Geruchs- und Geschmackswahrnehmung, die durch den Konsum von Zigaretten hervorgerufen werden, bestätigt werden, andere Hypothesen aber nicht. Zum Beispiel wurde der Einfluss des Rauchens auf die olfaktorische Wahrnehmung nicht eindeutig nachgewiesen. Für ein eindeutig signifikantes Ergebnis bedarf es wahrscheinlich ein größeres Studienkollektiv sowie ein, auf das Kollektiv, besser abgestimmtes Testverfahren zur Geruchserkennung.

Aus den erhobenen Daten zur Geschmacksempfindung geht jedoch deutlich hervor, dass zwar nicht über alle Grundgeschmackslösungen hinweg signifikante Unterschiede bestehen, diese aber für bestimmte Geschmacksrichtungen dennoch existieren. Dabei handelte es sich insbesondere um die überschwellig konzentrierte bittere Lösung und die beiden schwellenwertig konzentrierten Proben sauer und umami. Die Raucher haben diese Wasserlösungen signifikant schlechter erkannt als die Nichtraucher.

Außerordentlich aufschlussreich dazu sind die vorliegenden Daten in der Literatur über den Unterschied in der bitteren Geschmackswahrnehmung. Bekannt ist, und wie auch eingangs ausführlich erwähnt, dass heranwachsende Personen besonderes Suchtanfällig sind. So zum Beispiel für den Konsum von Tabakwaren, insbesondere für Zigaretten und Alkohol [TSILIGIANNI et al., 2012].

Die Verminderung des Geschmacksvermögens aufgrund des Rauchens wurde darüber hinaus noch verdeutlicht, als die Zigarettenmenge in die Auswertung mit einbezogen wurde. Dabei konnte für diejenigen die mehr als zehn Zigaretten täglich verbrauchten nur ein geringer signifikanter Unterschied zur Nichtraucherinnengruppe nachgewiesen werden ($p < 0,05$). Auf diesen Zusammenhang wurde in der Literatur ebenfalls schon oft hingewiesen, wodurch die vorliegenden Ergebnisse vergleichbar sind. Auch wenn in dieser

Arbeit keinerlei negative Korrelation zwischen der Zigarettenmenge und der verminderten olfaktorischen Wahrnehmung nachgewiesen werden konnte, ist auch dieser Zusammenhang in der Literatur beschrieben.

Die Probanden mit einer gut ausgeprägten olfaktorischen Wahrnehmung zeigen eine bessere gustatorische Wahrnehmung. Die Interaktion der Geruchs- und Geschmackswahrnehmung in Abhängigkeit des Raucherstatus war für die Raucher negativ ausgeprägt. Umgekehrt war dieser Effekt für die beiden Sinnesmodalitäten bei den Nichtrauchern positiv ausgebildet.

Das hier nicht signifikante Ergebnis bezüglich der retronasalen Wahrnehmung zwischen den beiden Gruppen ist sicherlich auch auf den veränderten Schwierigkeitsgrad des Tests zurückzuführen. Die abgegebenen Angaben zur retronasalen Wahrnehmung konnten nicht auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Dazu müsste dieser Test mit einem zeitlichen Abstand wiederholt werden.

Für den vom Raucherstatus unabhängigen untersuchten Einfluss des Bierkonsums auf die bittere Geschmacksempfindlichkeit konnte als signifikant nachgewiesen werden ($p < 0,05$).

DUFFY et al. [2004] haben selbigen Effekt in ihrer Studie festgestellt. Dazu verwendeten die Autoren die bittere PROP-Lösung. Sie stellten fest, dass bei steigender Empfindlichkeit für die PROP-Lösung weniger oft/gerne Alkohol konsumiert wurde. Vor allem Supertaster empfanden das Bier (speziell das Pilsner Urquell) oftmals als sehr bitter.

PLETSCH et al. [2008] beschrieben in ihrer Forschung die überwiegend abneigende Haltung der Schwangeren gegenüber dem Zigarettenrauch. Von den gesundheitlichen Schäden einmal abgesehen, entwickeln vorherige Raucherinnen in der Schwangerschaft plötzlich Aversionen gegenüber dem Zigarettenrauch. Demzufolge lag die Untersuchung des möglicherweise gegebenen Zusammenhangs einer hormonellen Verhütung und dem damit verbunden möglichen veränderten Geruchsempfindung nahe. Dazu ist auch

anzumerken, dass die Pille für Raucherinnen aufgrund einer erhöhten Thrombosegefahr allgemein nicht als geeignetes Verhütungsmittel gilt. Studienergebnisse, die von einer veränderten Empfindlichkeit von Schwangeren bezüglich der olfaktorischen Sinneswahrnehmung berichten, lehnen einen existierenden Zusammenhang nicht ab [PLETSCH et al., 2008]. In vorliegender Studie wurde die Korrelation aber nicht beobachtet.

6 Zusammenfassung

Dass das Rauchen schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit hat, ist schon längst bekannt und unumstritten. Trotzdem wurden die Effekte des Rauchens auf die chemischen Sinne immer wieder kontrovers diskutiert.

Ziel dieser empirischen Arbeit war es, den negativen Einfluss des Zigarettenkonsums im Zusammenhang einer damit verbundenen verminderten Geruchs- und Geschmackswahrnehmung zu untersuchen.

Dazu wurden jeweils 30 gesunde Frauen Nichtraucherinnen und Raucherinnen im Alter zwischen 20-35 Jahren in die Studie einbezogen. Ein Geruchsidentifikationstest anhand des Sniffin´Stick Tests, der Firma BURGHART MEDIZINTECHNIK und ein Geschmacksidentifikationstest mit zwölf Geschmacksproben der nach der DIN-Norm 10961 und ISO-Norm hergestellt wurde, wurden durchgeführt. Für die Testung der individuellen pro- und retronasalen Wahrnehmungsfähigkeit der Probanden wurde Happy-Day Apfelsaft eingesetzt. Zusätzlich wurde durch einen Fragebogen Angaben zum allgemeinen Rauchverhalten erhoben, um daraus Rückschlüsse ziehen zu können.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse konnte kein signifikanter Unterschied in einer veränderten olfaktorischen Wahrnehmung zwischen den Gruppen der Raucher und Nichtraucher beobachtet werden ($p > 0,05$).

Hingegen im Bezug auf die Geschmackswahrnehmung ergaben sich bei einigen Geschmackslösungen für die Gruppe der Raucher signifikante Abweichungen. Vor allem bei der im überschwelligen Bereich konzentrierten bitteren ($p < 0,01$) und der am Schwellenwert konzentrierten sauren Lösung ($p < 0,05$) zeigten sich signifikante Differenzen im Vergleich zur Kontrollgruppe der Nichtraucher. Der Umami-Geschmack wurde von den Nichtrauchern trotz der am Schwellenwert gereichten Konzentration von Natriumglutamat signifikant häufiger identifiziert. Dieser Unterschied war bei der überschwelligen konzentrierten Natriumglutamatlösung nicht mehr existent. Ferner konnten für

die verbleibenden Geschmackslösungen keinerlei signifikanten Unterschiede in der Geschmacksempfindlichkeit zwischen den Rauchern und Nichtrauchern nachgewiesen werden.

Im Bezug auf eine mögliche veränderte pro- beziehungsweise retronasale Wahrnehmung konnten Unterschiede der beiden Gruppen zueinander nachgewiesen werden, obwohl diese nicht signifikant waren. Trotzdem waren diese zwischen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe nicht signifikant voneinander abweichend ($p > 0,05$).

Ein signifikanter Einfluss konnte in der Geschmacksempfindung in Abhängigkeit der Verbrauchten Zigarettenmenge aufgezeigt werden. Dabei zeichnete sich eine klare Tendenz zwischen jenen die zwischen 5-10 Zigaretten und jenen die mehr als 10 Stück pro Tag verbrauchten ab. Die Nichtraucher zeigten somit eine signifikant bessere Geschmacksempfindung als die Gruppe der Viel-Raucher ($p < 0,05$). Hingegen im direkten Vergleich der Nichtraucher mit jenen die wenig rauchten war diese Signifikanz nicht vorhanden.

7 Summary

Smoking may modify gustatory and olfactory function. However, the effects of smoking on chemosensory impairment are controversy discussed.

The aim of this study was to investigate the influence of cigarette smoking on olfactory and gustatory perception.

A total of 60 healthy female (30 non-smokers and 30 smokers) ranging in age from 20-25 years volunteered to participate in this study.

The test of olfactory perception was performed using the Sniffin´Sticks identifications test, from BURGHART MEDIZINTECHNIK. The identification of 5 basic tastes was performed according to the DIN-Norm 10961 and ISO-Norm. With “Happy Day” apple juice the pro- and retronasal perception was tested.

In addition, participants filled in a questionnaire assessing their smoking behavior.

The study could not show any significance difference in the olfactory perception between smokers and non-smokers ($p > 0.05$).

Referring to the taste perception there were significant differences between smokers and nonsmokers in some basic tastes.

Especially at the suprathreshold for bitter ($p < 0.01$) and the threshold for sour taste ($p < 0.05$) there were significance differences between the two groups.

The umami taste in lower concentration ($p < 0.05$) was significantly associated with smoking but in higher concentration there was no significant difference at all. No significance difference was found between smokers and non-smokers in the other basic taste solutions.

With regard to pro- and retronasal perception there was a slight difference but not significant at all ($p > 0.05$).

Significant taste impairment ($p < 0.05$) was identified with regard to the amount of cigarettes. A distinct trend with the consumption of more than 10 cigarettes per day was found. As result, there were significant effects of heavy smoking on gustatory function ($p < 0.05$). No significant difference between non-smokers and smokers with less than 10 cigarettes per day was found.

8 Literaturverzeichnis

ARVIDSON K.; FRIBERG U.: Human Taste: Response and Taste Bud Number in Fungiform Papillae. *Science* 1980; 209: 807-808

BACHMANOV A.A.; BEACHUAMP G.K.: Taste receptor Genes. *Annual Review Nutrition* 2007; 27: 389-414

BACHMANOV A.A.; BOSAK N.P.; FLORIANO W.B.; INOUE M.; LI X.; LIN C.; MUROVETS V.O.; REED D.R.; ZOLOTAREV V.A.; BEAUCHAMP G.K.: Genetics of sweet taste preferences. *Flavour and Fragrance Journal* 2011; 26: 286-294

BARTOSHUK L.M.; RIFKIN B.; MARKS L.E.; BARS P.: Taste and aging. *Journal of Gerontology* 1986; 41: 51-57

BRÄMERSON A.; JOHANSSON L.; EK L.; NORDIN S.; BENDE M.: Prävalence of Olfactory Dysfunction. The Skövde Population-Based Study. *Laryngoscope* 2004; 114: 733-737

BRAND J.G.: Within reach of an end to unnecessary bitterness? *The Lancet* 2000; 356: 1371-1372

BRESLIN P.A.S.: An Evolutionary Perspective on Food and Human Taste. *Current Biology* 2013; 23: R409-R418

BROMAN D.A.; NORDIN S.: Olfactory gender differences in sensation and perception. *International Journal of Psychology* 2000; 25: 329

BUCK L.; AXEL R.: A Novel Multigene Family May Encode Odorant Receptors: A Molecular Basis for Odor Recognition. *Cell* 1991; 65: 175-187

(BMG) BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT: Rauchverhalten in Österreich. 2008

BURGHARDT MEDIZINTECHNIK: www.burghart-mt.de; abgerufen am: 01.07.2013

CHANDRASHEKAR J.; HOON M.A.; RYBA N.J.; ZUCKER C.A.: The receptors and cells for mammalian taste. *Nature* 2006; 444: 288-294

CHEN X.; GABITTO M.; PENG Y.; RYBA N.I.P.; ZUKER C.S.: A Gustopic Map of Taste Qualities in the Mammalian Brain. *Science* 2011; 333: 1262-1266

COMETTO-MUNIZ J.E.; ABRAHAM M.H.: Structure-activity relationships on the odor detectability of homologous carboxylic acids by human. *Experimental Brain Research* 2010; 207: 75-84

DANIEL H.; REHNER G.: *Biochemie der Ernährung*. 3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 2010; 216

DIAMOND J.; DALTON P.; DOOLITTLE N.; DOOLITTLE P.; BRESLIN A.S.: Gender-specific Olfactory Sensitization: Hormonal and Cognitive Influences. *Chemical Senses* 2005; 30 (1): i224-i225

DIN-NORM 10691: Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen. Berlin: Beuth, 1996

DOTY R.L.: Studies of Human Olfaction from the University of Pennsylvania Smell and Taste Center. *Chemical Senses* 1997; 22: 565-586

DOTY R.L.; Bromley S.M.; Panganiban W.D.: Olfactory Function and Dysfunction. *Head & Neck Surgery – Otolaryngology* 2006; 4(1): 289-305

DOTY R.L.; HASTINGS L.: Neurotoxic Exposure and Olfactory Impairment. *Neurotoxicology* 2001; 1(3): 547-575

DOTY R.L.; SHAMAN P.; DANN M.: Development of the University of Pennsylvania Smell Identification Test: a standardized microencapsulated test of olfactory function. *Physiology Behaviours* 1984; 3: 489-502

DUFFY V.B.; PETERSON J.M.; BARTOSHUK L.M.: Associations between taste genetics, oral sensation and alcohol intake. *Physiology and Behaviour* 2004; 82: 435-445

ENOCH M.-A.; HARRIS C.R.; GOLDMAN D.: Does a reduced sensitivity to bitter taste increase the risk of becoming nicotine addicted? *Addictive Behaviours* 2001; 26: 399-404

EUROPÄISCHE KOMMISSION, TNS Opinioun & Social: Europarameter Spezial 332: 72.3 Tabak - Zusammenfassender Bericht: veröffentlicht im Mai 2010; http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm

FRINGS S.: Primary processes in sensory cells: current advances. *Journal of Comparative Physiology A* 2009; 195: 1-19

FRYE R.E.; SCHWARTZ B.S.; DOTY R.: Dose-Related Effects of Cigarette Smoking on Olfactory Funktion. *JAMA* 1990; 263 (9): 1233-1236

GARCIA-BAILO B.; TOGURI C.; ENY K.M.; EL-SOHEMY A.L.: Genetic Variation in Taste and Its Influence on Food Selection. Review. *A Journal of Integrative Biology* 2009; 13 (1): 69-80

GILBERTSON T.A.; FONTENOT D.T.; LIU L.; ZHANG H.; MONROE W.T.: Fatty acid modulation of K⁺ channels in taste receptor cells: gustatory cues for dietary fat. *American Journal of Physiology* 1997; 272: C1203-C1210

GRAVITZ L.: Taste bud hackers. *Nature* 2012; 486: 14-15

GRAZIADEI P.P.C.; GRAZIADEI M.; G.M.: Neurogenesis and neuron regeneration in the olfactory system of mammals. I morphological aspects of differentiation and structural organization of the olfactory sensory neurons. *Journal Neurocytology* 1979; 8: 1-18

GROMYSZ-KALKOWSKA K.; WÓJCIK K.; SZUBARTOWSKA E.; UNKIEWICZ-WINIARCZYK A.: Taste perception of cigarette smokers. *Annals Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio D: Medicina* 2002; 57 (2): 143-154

GUDZIOL H.; HUMMEL T.: Normative values for the assessment of gustatory function using liquid tastans. *Acta Oto-Laryngologica*, 2007, 127: 658-661

GUTIERREZ R.; SIMON S.A.: Chemosensory processing in the taste-reward pathway. *Flavour and Fragrance Journal* 2011; 26: 231-238

GYES J.P.; DINGMAN M.A.; REVITSKY A.R.; BRYANT B.P.; VANDENBERGH D.J.; FRANK M.E.; DLIZARD D.A.: Gustatory, Trigeminal, and Olfactory Aspekts of Nicotine Intake in Three Mouse Strains. *Behaviour Genetics* 2012; 42: 820-829

HATT H.: Geschmack und Geruch. In *Physiologie des Menschen* (Schmidt R. F. und Lang F., Hrsg) 30. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2007; 19: 431

HAYES J.E.; JINKS A.L.: Evaluation of smoking on olfactory threshold of phenyl ethyl alcohol and n-butanol. *Physiology & Behavior* 2012; 107: 177-180

GESUNDHEIT EUROSTATISTIK JAHRBUCH EUROPA: Europa in Zahlen
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-CD-06-001-03/DE/KS-CD-06-001-03-DE.PDF ; abgerufen am: 27.01.2013

HUMMEL T.; LANDIS B.N.; FRASNELLI J.A.; HEILMANN S.; HÜTTENBRINK K.-B.:
Riechstörungen Ursachen, Diagnostik und Therapie. HNO Praxis heute 2005;
24: 99-107

HUMMEL T.; LANDIS B.N.; HÜTTENBRINK K.-B.: Smell and Taste disorders. GMS
Current Topics in Otorhinolaryngology – Head and Neck Surgery 2011; 10:
1865-1011

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

HÜTTENBRINK K.-B.: Riech- und Schmeckstörungen. In: Physiologie,
Pathophysiologie und therapeutische Ansätze. (Hummel T.; Welge-Lüssen A.,
Hrsg.) Georg Thieme Verlag KG; Stuttgart, New York 2009; 1-2

ISO 3972: Sensory Analysis – Methodology – Method of Investigating
Sensitivity of Taste. 1991

KANEDA H.; MAESHIMA K.; GOTO N.; KOBAYAKAWA T.; AYABE-KANAMURA S.; SAITO
S.: Decline in Taste and Odor Discrimination Abilities with Age, and
Relationship between Gustation and Olfaction. Chemical Senses 2000; 25:331-
337

KATOTOMICHELAKIS M.; BALATSOURAS D.; TRIPSANIS G.; DAVRIS S.; MAROUDIAS N.;
DANIELIDES V.; SIMOPOULOS C.: The effect of smoking on the olfactory function.
Rhinology 2007; 45: 273-280

KINNAMON S.C.; MARGOLSKEE R.F.: Mechanisms of taste transduction. Current
Opinion in Neurobiology 1996; 6: 506-513

KINNAMON S.C.: Umami taste transduction mechanisms. *American Journal of Clinical Nutrition* 2009; 90: 753-755

KLIMEK, L.; MOLL B.; KOBAL G.: Riech- und Schmeckvermögen im Alter. *Deutsches Ärzteblatt* 2000; 97 (14): A-911-A914

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

KNOBLICH H., SCHARF B.; SCHUBERT B.: *Geschmacksforschung - Marketing und Sensorik für Nahrungs- und Genußmittel.* (Knoblich H., Hrsg) Oldenbourg Verlag, Oldenburg 1996; 80-81

KONSTANTINIDIS I.; CHATZIAVRAMIDIS A.; PRINTZA A.; METAXAS S.; CONSTANTINIDIS J.: Effects of Smoking on Taste: Assessment with Contact Endoscopy and Taste Strips. *Laryngoscope* 2010; 120: 1958-1963

KUNISHIMA N.; SHIMADA Y.; TSUJI Y.; SATO T.; YAMAMOTO M.; KUMASAKA T.; NAKANISHI S.; JINGAMI H.; MORIKAWA K.: Structural basis of glutamate recognition by a dimeric metabotropic glutamate receptor. *Nature* 2000; 407: 971-977

KVETON J.F.; BARTOSHUK L.M.: Taste. *Head & Neck Surgery-Otolaryngology* 2006; 4(1): 567-578

LANDIS B.N.; GIGER R.; RICCHETTI A.; LEUCHTER I.; HUGENTOBLER M.; HUMMEL T.; LACROIX J.S.: Retronasal Olfactory Function in Nasal Polyposis. *Laryngoscope* 2003; 113 (11): 1993-1997

LANDIS B.N.; KONNERTH C.G.; HUMMEL T.: A Study on the Frequency of Olfactory Dysfunction. *The Laryngoscope* 2004; 114: 1764-1769

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

LAWLESS H.T.; STEVENS D.A.; CHAPMAN K.W.; KURTZ A.: Metallic Taste from Electrical and Chemical Stimulation. *Chemical Senses* 2005; 30: 185-194

LIBERLES D.S.; BUCK L.: A second class of chemosensory receptors in the olfactory epithelium. *Nature* 2006; 442: 645-650

LINDEMANN B.: Receptors and transduction in taste. *Nature* 2001; 413: 219-225

LYALL V.; HECK G.L.; VINNIKOVA A.K.; GOSH S.; PHAN T.H.; ALAM R.I. RUSSEL F.R.; MALIK S.A.; BIGBEE J.W.; DESIMONE J.A.: The mammalian amiloride-intensive non-specific salt taste receptor is a vanilloid receptor-1 variant. *Journal of Physiology* 2004; 558: 147-159

MAGNO A.L.; WARD B.K.; RATAJCZAK T.: The Calcium-Sensing Receptor: A Molecular Perspective. *Endocrine Reviews* 2011; 32(1): 1-30

MATSUDA T.; HASHIBA M.; SUGIYAMA K.; KONODO H.; MURAKAMI S.; MITSUYA S.; BABA S.: Postoperative olfaction in chronic sinusitis: Smokers versus Nonsmokers. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology* 2002; 111: 1054-1058

MOMBAERTS P.: Genes and Ligands for Odorant, Vomeronasal and Taste Receptors. *Nature Reviews Neuroscience* 2004; 5: 263-278

MOURITSEN O.G.: Umami flavour as a means of regulating food intake and improving nutrition and health. *Nutrition and Health* 2012; 21 (1): 56-75

MULLINGS E.L.; DONALDSON L.F.; MELICHAR J.K.; MUNAFO M.R.: Effects of acute abstinence and nicotine administration on taste perception in cigarette smokers. *Journal of Psychopharmacology* 2010; 24 (11): 1709-1715

MURPHY C.; SCHUBERT C.R.; CRUICKSHANKS K.J.; KLEIN B.E.K.; KLEIN R.; NONDAHL D.M.: Prevalence of olfactory impairment in older adults. *JAMA* 2002; 288 (18): 2307-2312

NELSON G.; CHANDRASHEKAR J.; HOON. M.A.; FENG L.; ZHAO G.; RYBA N.J.; ZUCKER C.S.: An amino-acid taste receptor. *Nature* 2002; 416: 199-202

NILSSON B.: Taste acuity of the human palate. III *Studies Acta Odontologica Scandinavica* 1979; 37: 235-252

NORDIN S.; BROMAN D.A.; OLOFSSON J.K.; WULFF M.: A Longitudinal Descriptive Study of Self-reported Abnormal Smell and Taste Perception on Pregnant Women. *Chemical Senses* 2004; 29 (5): 391-402

OHSU T.; AMINO Y.; NAGASAKI H.; YAMANAKA T.; HATANAKA T.; MARUYAMA Y.; MLYAMURA N.; ETO Y.: Involvement of the Calcium-sensing Receptor in Human Taste Perception. *The Journal of Biological Chemistry* 2010; 285 (2): 1016-1022

OLOFFSON J.; NORDIN S.: Gender differences in Chemosensory Perception and Event-related Potentials. *Chemical Senses* 2004; 29: 629-637

PAVLOS P.; VASILIOS N.; ANTONIA A.; DIMITRIOS K.; GEORGIOS K, GEORGIOS A.: Evaluation of young smokers and non-smokers with Electrogustometrie and Contact Endoscopy. *BMC Ear, Nose and Throat Disorders* 2009; 9 (9): 1-7

PEPINO M.Y.; FINKBEINER S.; MENNELLA J.A.: Similarities in Food Cravings and Mood States Between Obese Women and Women Who Smoke Tobacco. *Obesity* 2009; 17: 1158-1163

PEPINO M.Y.; MENNELLA J.A.: Effects of Cigarette Smoking and Family History of Alcoholism on Sweet Taste Perception and Food Cravings in Women. *Alcoholism - Clinical and Experimental Research* 2007; 31 (11): 1891-1899

PLETSCH P.K.; POLLAK K.I.; PETERSON B.L.; PARK J.; ONCKEN C.A.; SWAMY G.K.; LYNA P.: Olfactory and Gustatory Sensory Changes to Tobacco Smoke in Pregnant Smokers. *Research in Nursing & Health* 2008; 31: 31-41

REED R.R.: After the Holy Grail: Establishing a Molecular Basis for Mammalian Olfaction. *Cell* 2004; 116: 329-336

ROMBAUX P.; MOURAUX A.; BERTRAND B.; NICOLAS G.; DUPREZ T.; HUMMEL T.: Retronasal and Orthonasal Olfactory Function in Relation to Olfactory Bulb Volume in Patients with Posttraumatic Loss of Smell. *The Laryngoscope* 2006; 116: 901-905

ROSENBLATT M.R.; OLMSTEAD R.E.; IWAMOTO-SCHAAP P.N.; JARVIC M.E.: Olfactory Threshold for Nicotine and Menthol in Smokers (Abstinent and Nonabstinent) and Nonsmokers. *Physiology & Behaviour* 1998; 65 (3): 575-579

SALZANO F.A.; GUASTINI L.; MORA R.; DELLEPIANE M.; SALZANO G.; SANTOMAURO V.; SALAMI A.: Nasal tactile sensitive in elderly. *Acta Oto-Laryngologica* 2010; 130: 1389-1393

SATO K.; ENDO S.; TOMITA H.: Sensitivity of three loci on the tongue and soft palate to four basic tastes in smokers and non-smokers. *Acta Oto-Laryngologica, Supplement* 2002; 546: 74-82

SHEPHERD G.M.: Smell images and the flavour system in the human brain. Nature 2006; 444 (16): 316-321

SIPIORA M.L.; MURTAUGH M.A.; GREGOIRE M.B.; DUFFY V.B.: Bitter taste perception and severe vomiting in pregnancy. Physiology of Behaviour 2000; 69: 259-267

SMITH D.V.; MARGOLSKEE R.F.: Making Sense of Taste. Scientific American 2001;
http://cf.linnbenton.edu/mathsci/bio/wheatd/upload/making_sense_of_taste.pdf ;
abgerufen am: 10.07.2013

STATISTIK AUSTRIA:

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/gesundheitsdeterminanten/rauchen/index.html#index2 ; Stand 10.08.2010, abgerufen am 27.01.2013

STEINBACH S.; HUNDT W.; ZAHNERT T.: Der Riechsinn im täglichen Leben. The sense of smell in daily life. CME Fortbildung 2008, 84: 348-362

STEINBACH S.; STAUDENMAIER R.; HUMMEL T.; ARNOLD W.: Riechverlust im Alter. Eine häufige, wenig beachtete Störung mit bedeutenden Auswirkungen. Zeitschrift für Gerontologie & Geriatrie. 2008; 41: 394-402

TARUNO A., VINGTDEUX V.; OHMOTO M.; MA Z.; DVORYANCHOIKOV G.; LI A.; ADRIEN L.; ZHAO H.; LEUNG S.; ABERNETHY M.; KOPPEL J.; DAVIES P.; CIVAN M.M.; CHAUDHARI N.; MATSUMOTO I.; HELLEKANT G.; TORDOFF M.G.; MARAMBAUD P.; FOSKETT J.K.: CALHM1 ion channel mediates purinergic neurotransmission of sweet, bitter and umami tastes. Nature 2013; 495: 223-229

TEMUSSI P.A.: Sweet, bitter and umami receptors: a complex relationship. Trends in Biochemical Science 2006; 34: 296-302

TORDOFF M.G.: Calcium: Taste, Intake and Appetite. *Physiological Reviews* 2001; 81: 1567-1588

TORDOFF M.G.; SHAO H.; ALARCON L.K.; MARGOLSKEE R.F.; MOSINGER B.; BACHMANOV A.A.; REED D.R.; MCCAUGHEY S.: Involvement of T1R3 in calcium-magnesium taste. *Physiology Genomics* 2008; 34: 338-348

TSILIGIANNI I.G.; VARDAVAS C.I.; BOULOUKAKI I.; KOSMAS E.; VERIGOU E.; KIRIAKAKI M.; SIAFAKAS N.; TZANAKIS N.: The association between alcohol and tobacco use among elementary and high school students in Crete, Greece. *Tobacco Induced Diseases* 2012; 10: 15

Uhl A.; Bachmayer S.; Kobrna U.: Chaos um die Raucherzahlen in Österreich. *Wiener Medizinische Wochenzeitschrift* 2009a; 4-13

UHL A.; STRIZEK J.; PUHM A.; KOBRNA U.; Springer A.: Österreichweite Repräsentativerhebung zum Substanzgebrauch 2008 – Band 1: Forschungsbericht. Bundesministerium für Gesundheit: Wien 2009b

VENNEMANN M.M.; HUMMEL T.; BERGER K.: The association between smoking and smell and taste impairment in the general population. *Journal of Neurology* 2008; 255: 1121-1126

VENT J.; ROBINSON A.M.; GENTRY-NIELSON M.J.; CONLEY D.B.; HALLWORTH R.; LEOPOLD D.A.; KERN R.C.: Pathology of the Olfactory Epithelium: Smoking and Ethanol Exposure. *The Laryngoscope* 2004; 114: 1383-1388

WARRENBURG S.: Effects of Fragrance on Emotions: Mood and Psychology. *Chemical Senses* 2005; 30 (1): 248-249

YARMOLINSKY D.A.; UIKER C.S.; RYBA N.J.B.: Common Sense about Taste: From Mammals to Insects. *Cell* 2009; 139: 234-244

Yekta S.S.; Lückhoff A.; Ristic D.; Lammpert F.; Ellrich J.: Impaired somatosensin in tongue mucosa of smokers. *Clinical Oral Investigations* 2012; 16: 39-44

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Familienname: Mitmannsgruber
Vorname: Petra

Universitätsausbildung

2011 – 2013 **Masterstudium der Ernährungswissenschaften**
mit Spezialisierung auf Food Quality & Food
Safety.

2007 – 2011 **Bachelorstudium der Ernährungswissenschaft:**
Bachelorarbeit: Psyllium und Flohsamen – Produkte
aus Wegericharten (*Plantago afra*, *Plantago indica*,
Plantago ovata) als Nahrungsergänzungsmittel?

2006 – 2007 **Lehramtsstudium:** Haushaltsökonomie und
Ernährung & Geographie und Wirtschaftskunde

Schul- und Berufsausbildung

2004 – 2006 Berufsreifeprüfung
1999 – 2001 Kochlehre mit Abschluss als Köchin im LKH Freistadt
/ Gasthof – Hotel Deim
1997 – 1999 Fachschule der Hauswirtschaft
1989 – 1997 Volks- und Hauptschule

Mitmannsgruber Petra