

# **Kann man mit überschwelligem gustatorischen Reizen die Ruheatmung verändern?**

## **Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Maria Lätzel  
geboren am 19.03.1984 in Münchberg

Gutachter

1. Prof. Dr. H. Gudziol, Jena.....
2. Prof. Dr. Dr. C. Kroegel, Jena.....
3. Prof. Dr. Th. Hummel, Dresden.....

Tag der öffentlichen Verteidigung: 02.03.2010

Für Tobias,  
ohne dessen Verständnis und Unterstützung  
diese Arbeit nicht entstanden wäre.

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ASICs	acid sensing ion channels
ATP	Adenosintriphosphat
cAMP	cyclisches Adenosinmonophosphat
cm	Zentimeter
DAG	Diacylglycerin
dB	Dezibel
ENaC	epithelialer Natriumkanal
et al.	et alii
Exsp.	Expiration
GMP	Guanosinmonophosphat
IMP	Inosinmonophosphat
Insp.	Inspiration
IP <sub>3</sub>	Inosintriphosphat
µm	Mikrometer
l	Liter
mbar	Millibar
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
N.	Nervus
Ncl.	Nucleus
P.	Papillae
PCO <sub>2</sub>	Kohlendioxidpartialdruck
PIP <sub>2</sub>	Phosphatidylinositolbisphosphat
PLC	Phospholipase C
PO <sub>2</sub>	Sauerstoffpartialdruck
RA	Reizatemzug
RAK	Ruheatemkomplex
Tab.	Tabelle

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>II</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Schmeckvermögen .....	3
1.1.1 Makroskopische und mikroskopische Anatomie der Zunge.....	3
1.1.2 Aufbau der Geschmacksknospen.....	4
1.1.3 Das gustatorische System.....	5
1.1.4 Geschmacksphysiologie.....	7
1.1.5 Wahrnehmungs- und Erkennungsschwelle .....	10
1.1.6 Stärke der Empfindung und Adaptation.....	10
1.2 Atmung.....	11
1.2.1 Atemfrequenz .....	11
1.2.2 Atemvolumina.....	11
1.2.3 Aktionsphasen der Atmung .....	12
1.2.4 Regulation der Atmung.....	13
<b>2 Aufgabenstellung .....</b>	<b>16</b>
<b>3 Methodik.....</b>	<b>17</b>
3.1 Voruntersuchung.....	17
3.1.1 Auswahl der Probanden .....	17
3.1.2 Schmecktest.....	17
3.2 Hauptversuch.....	18
3.2.1 Verwendete Schmecklösungen .....	18
3.2.2 Atemregistrierung .....	19
3.3 Versuchsdurchführung.....	20
3.3.1 Positionierung und Instruktion der Probanden.....	20
3.3.2 Versuchsaufbau .....	20
3.3.3 Versuchsablauf.....	22

3.4	Parameterermittlung.....	23
3.4.1	Dauer der Inspiration.....	23
3.4.2	Dauer der Expiration.....	23
3.5	Beurteilung der Ruheatmung .....	24
3.6	Beurteilung der Reizatmung.....	25
3.7	Statistik .....	26
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>27</b>
4.1	Ergebnisse der Voruntersuchung und Probandenbefragung .....	27
4.1.1	Geschlechterverteilung und Altersstruktur der Probanden .....	27
4.1.2	Nasenseite mit subjektiv schlechterer Nasenatmung .....	28
4.1.3	Selbsteinschätzung des Schmeckvermögens .....	29
4.1.4	Ergebnisse der Schmecktests .....	30
4.1.5	Ergebnisse der Probandenbefragung.....	30
4.2	Betrachtung der Ruheatmung .....	31
4.2.1	Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration.....	31
4.2.2	Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Expiration.....	32
4.2.3	Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration – Betrachtung der Reizqualitäten.....	33
4.2.4	Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Expiration – Betrachtung der Reizqualitäten.....	34
4.3	Betrachtung der Reizatmung .....	35
4.3.1	Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration.....	36
4.3.2	Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration.....	36
4.3.3	Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration.....	37
4.3.4	Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration .....	38

4.3.5	Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration .....	38
4.3.6	Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration .....	39
4.3.7	Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Inspiration.....	40
4.3.8	Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Inspiration.....	41
4.3.9	Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Inspiration.....	41
4.3.10	Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Expiration .....	42
4.3.11	Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Expiration .....	43
4.3.12	Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Expiration .....	44
4.3.13	Betrachtung des 1. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Inspiration.....	44
4.3.14	Betrachtung des 2. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Inspiration.....	46
4.3.15	Betrachtung des 3. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Inspiration.....	46
4.3.16	Betrachtung des 1. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Expiration .....	47
4.3.17	Betrachtung des 2. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Expiration .....	48
4.3.18	Betrachtung des 3. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Expiration .....	49
4.4	Vergleich der Reaktionshäufigkeit pro Reizqualität.....	51
4.4.1	Vergleich der Reaktionshäufigkeit für Schmeckreizgabe .....	52
4.4.2	Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität süß.....	54
4.4.3	Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität sauer.....	55
4.4.4	Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität salzig.....	56

4.4.5	Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität bitter.....	57
4.4.6	Vergleich der Reaktionshäufigkeit für den Leerreiz Wasser...	58
4.5	Vergleich der Reaktionshäufigkeit der Schmeckqualitäten miteinander und mit Wasser .....	60
4.5.1	Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 1. Reizatemzug Inspiration.....	60
4.5.2	Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 1. Reizatemzug Expiration.....	61
4.5.3	Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 2. Reizatemzug Inspiration.....	62
4.5.4	Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 2. Reizatemzug Expiration.....	63
4.5.5	Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 3. Reizatemzug Inspiration.....	64
4.5.6	Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 3. Reizatemzug Expiration.....	65
4.6	Beurteilung der Qualität der Atmungsänderungen bei Schmeckreizgabe .....	66
4.6.1	Betrachtung des Parameters Dauer der Inspiration bei Schmeckreizgabe.....	66
4.6.2	Betrachtung des Parameters Dauer der Expiration bei Schmeckreizgabe .....	67
4.6.3	Betrachtung des Parameters Dauer der Inspiration pro Schmeckqualität .....	69
4.6.4	Betrachtung des Parameters Dauer der Expiration pro Schmeckqualität .....	71
4.7	Probandenbezogene Auswertung.....	74
4.7.1	Betrachtung bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration.....	74
4.7.2	Betrachtung bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration.....	75
4.7.3	Betrachtung bei Leerreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration.....	76



---

4.7.4	Betrachtung bei Leerreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration.....	77
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>79</b>
5.1	Methodik .....	79
5.2	Ruheatmung .....	80
5.3	Reizatmung.....	83
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung .....</b>	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>95</b>
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>97</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>100</b>
<b>10</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>106</b>
<b>11</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>107</b>
<b>12</b>	<b>Ehrenwörtliche Erklärung.....</b>	<b>108</b>

## Zusammenfassung

Der Schmecksinn zählt, ebenso wie der Geruchssinn, zu den chemischen Sinnen des Menschen. Und obwohl sie unsere „ältesten Sinne“ sind, hat erst in den letzten Jahren das klinisch-wissenschaftliche Interesse an ihnen zugenommen.

Das Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, ob und wie überschwellige Geschmacksreize die Atmung verändern. Dabei wurden die einzelnen Schmeckqualitäten süß, sauer, salzig und bitter auch auf mögliche Unterschiede hinsichtlich einer Atemänderung untersucht. Außerdem erfolgte ein Vergleich der Reaktionshäufigkeiten auf Geschmacksreize und Leerreize mit Leitungswasser.

Im Zeitraum von Oktober 2006 bis März 2007 wurden an der Universitäts-HNO-Klinik in Jena 34 Probanden in die Versuchsreihe eingeschlossen. Alle hatten eine Normogeusie, was im Rahmen der Voruntersuchung durch einen Schmecktest nach der 3-Tropfen-Methode bestätigt wurde und waren zum Zeitpunkt der Untersuchung zwischen 22 und 33 Jahre alt.

Jedem Versuchsteilnehmer wurden randomisiert und artefaktfrei 25 Reize angeboten, je 5 überschwellige Reize für die Schmeckqualitäten süß, sauer, salzig und bitter und 5 Leerreize mit Leitungswasser. Als Schmecklösungen kamen Saccharose-, Zitronensäure-, Kochsalz- und Chininhydrochlorid-lösung zur Anwendung.

Die atemsynchronen nasalen Druckschwankungen wurden durch ein Differentialdruckmanometer registriert. Am Rechner konnte durch ein LabView-Programm online die Atemkurve betrachtet und die Ruheatmung computergestützt beurteilt werden. Im Anschluss an den Versuch erfolgte die offline Beurteilung und die statistische Auswertung mit SPSS.

In die Betrachtung der Ruheatmung gingen die 5 Atemzüge vor der Reizapplikation ein, die als Ruheatemkomplex bezeichnet wurden. Die Betrachtung der Reizatmung umfasste drei poststimulatorische Reizatembzüge. Bei den analysierten Atemparametern handelte es sich um die Dauer der Inspiration und die Dauer der Expiration.

Die Auswertung der Ruheatmung ergab bezüglich der Dauer der Inspiration 76,71 % und bezüglich der Dauer der Expiration 70 % für die Auswertung

der Reizatmung geeignete Ruheatemkomplexe. Geeignete RAK zeichneten sich durch Regelmäßigkeit aus, d. h. wenn die Atemparameter nur gering schwankten.

Bei einer Geschmacksreizung traten im Parameter Dauer der Inspiration zwischen 25,87 % und 36,49 % Änderungen im 1., 2. oder 3. Reizatemzug auf. Die Dauer der Expiration änderte sich im 1., 2. oder 3. Reizatemzug zwischen 35,31 % und 43,13 %.

Beim Vergleich der Reaktionshäufigkeit der Schmeckqualitäten im 1., 2. und 3. Reizatemzug war kein signifikanter Unterschied festzustellen. Allerdings lag ein signifikant höherer Reaktionsanteil nach Schmeckreizapplikation im Vergleich zur Leerreizapplikation mit Wasser vor.

Die Dauer der Expiration war der Parameter, der mehr Reaktionen zeigte. Signifikant war hier das Überwiegen der Reaktionen während des 1. Reizatemzugs.

Betrachtete man den Parameter Dauer der Inspiration, so zeigte sich, dass im 3. Reizatemzug die meisten Änderungen auftraten, bei der Dauer der Expiration während des 2. Reizatemzugs. Der statistische Vergleich ergab bei beiden Parametern ein signifikantes Überwiegen der Änderungen im 2. und 3. zum 1. Reizatemzug, während der Vergleich des 2. und 3. Reizatemzugs keinen signifikanten Wert lieferte.

Die Probanden verlängerten sowohl die Dauer der Inspiration als auch der Expiration im 1. Reizatemzug, was einer Abnahme der Atemfrequenz entspricht. Im 2. und 3. Reizatemzug neigten sie dagegen zu einer Verkürzung der Inspirations- und Expirationsdauer, was als Atemfrequenzzunahme gedeutet werden kann. Insgesamt wies der 2. Reizatemzug sowohl während der Inspiration als auch während der Expiration signifikant die meisten Verkürzungen auf.

Die durch einen überschwelligem Schmeckreiz hervorgerufene Atemänderung im 1. Reizatemzug wurde als Orientierungsreaktion der Probanden gedeutet, der im 2. und 3. Reizatemzug gezeigte Atemtyp als eine Coping-Strategie der Probanden, mit dem Reiz umzugehen. Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass sowohl die Versuchsanordnung als auch -durchführung geeignet sind, eine gustatorische Wahrnehmung über die Evozierung respiratorischer Schmeckreizfolgereaktionen zu objektivieren.

### 1 Einleitung

Was ist Geschmack? Was man im weiteren Sinn als Geschmack bezeichnet, ist ein komplexer Sinneseindruck, für den das Zusammenspiel aus Riechen und Schmecken von besonderer Bedeutung ist. Die Sinneszellen, die den gustatorischen Eindruck vermitteln, unterscheiden nur süß, sauer, salzig, bitter und umami. Beim Kauen wird eine Mischung flüchtiger Aromastoffe aus der Nahrung freigesetzt, die über den Nasopharynx zum Geruchsepithel gelangen und die Rezeptoren stimulieren (Burdach, Doty 1987). Doch jeder, der schon einmal eine Rhinitis hatte, weiß, dass das Essen eher fad schmeckt, wenn der olfaktorische Eindruck wegfällt und wie wichtig der Anteil des Geruchssinnes am Geschmackserlebnis ist. Auch der Tastsinn, der die Nahrung auf ihre Konsistenz prüft, spielt eine entscheidende Rolle. Außerdem ist der optische Eindruck wichtig, denn das Auge isst mit.

Verglichen mit dem auditiven und visuellen System wurden die chemischen Sinne des Menschen, Riechen und Schmecken, lange Zeit für weniger bedeutend gehalten. Dennoch sind sie lebenswichtig, denn sie können uns vor dem Genuss verdorbener Speisen warnen und Gas oder Brandgeruch frühzeitig erkennen lassen (Knecht et al. 1999). So sind sie in den letzten Jahren immer mehr ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt. Die molekularen Mechanismen der Signaltransduktion wurden erforscht. Durch die Entwicklung geeigneter Messverfahren hat sich das Wissen über Schmeckstörungen in den letzten Jahren vervielfacht. In den USA wird die Zahl der Patienten mit klinisch bedeutsamen Riech- oder Schmeckstörungen auf mindestens zwei Millionen geschätzt (Klimek et al. 2000) und 0,6 % der Erwachsenen in den USA geben Schmeckstörungen an (Hoffman et al. 1998). Diese Störungen der Chemosensorik beeinträchtigen ganz entscheidend die Lebensqualität und das Wohlbefinden der Patienten, der Genuss beim Essen kann verloren gehen. Deshalb wird Patienten mit Schmeckstörungen geraten, ihre intakten Sinne wie Riechen, Sehen und Fühlen stärker zu stimulieren (Burkert et al. 2005). So können ein schönes Speisearrangement, zusätzliche Aromen, die über die Nase wahrgenommen werden, ein scharfes Gewürz, eine angenehme Speisekonsistenz und

Temperatur dazu beitragen, den Appetit zu erhalten. Damit soll der Gewichtsverlust, der bei Personen, die ihren Geschmackssinn verloren haben oft eintritt (Meyerhof 2003), verhindert werden.

Durch Schmeckstörungen verändern sich auch die Essgewohnheiten. Süße Speisen werden von älteren Menschen mit Schmeckstörungen bevorzugt, was direkte Auswirkung auf ihre Gesundheit zeigt. So tritt Adipositas bei Patienten mit Schmeckstörungen häufiger als beim Altersdurchschnitt auf (Meiselman 1979). Als Ursache wird angesehen, dass Schmeckschwellenveränderungen im Alter vor allem die Qualitäten sauer und bitter betreffen, während die salzig und besonders die süß Empfindung erhalten bleibt, was dazu führt, dass die betroffenen Personen kompensatorisch süße Speisen bevorzugen (Klimek et al. 2000).

Die Geschichte der Erforschung von Atemmustern ist dagegen schon alt. Bereits Anfang des 19. Jahrhunderts beschrieben die irischen Ärzte John Cheyne und William Stokes die periodische Cheyne-Stokes-Atmung als diagnostisches Kriterium. Wenig später wurde die Kussmaul-Atmung als Azidoseatmung durch Adolf Kussmaul in Straßburg beschrieben.

Anfang des 20. Jahrhunderts gab es die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Atmung und Emotion beschäftigten, wobei unterschiedliche Emotionen zu unterschiedlichen Atemantworten führen sollten (Feleky 1914; Rehwoldt 1911).

Auch Gerüche wirken sich auf die Atmung aus. Gudziol und Wächter beschäftigten sich mit olfaktorisch evozierten Atemänderungen. Mit Hilfe eines Flussolfaktometers gelang ihnen die artefaktfreie, atemgetriggerte Applikation des reinen Riechstoffes Schwefelwasserstoff und der Nachweis von respiratorischen Riechreizfolgereaktionen (Gudziol, Wächter 2004). 2006 beschäftigten sich Gudziol et al. mit der Frage, ob ein angenehmer Riechreiz ein anderes Atemmuster evoziert als ein unangenehmer. Die Änderung der Ruheatmung unter plötzlicher olfaktorischer Reizung deuteten sie als Orientierungsreaktion nach Sokolov (Sokolov 1963). Sie war bereits im ersten poststimulatorischen Atemzug erkennbar und spiegelte das

Gewahrwerden des Reizes wieder. Dabei änderte sich die Atmung bei wiederholten angenehmen und unangenehmen Reizen genauso häufig. Die Hedonik beeinflusste also nicht die Häufigkeit, jedoch die Richtung der Atemänderung. Ein angenehmer Duft führte mehrheitlich zu einer Vergrößerung der inspiratorischen Atemparameter, während nach einem unangenehmen Reiz ein expirationsbetonter Reaktionstyp überwog.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, herauszufinden, ob und wie überschwellige Schmeckreize die Atmung verändern. Dabei sollten auch die einzelnen Schmeckqualitäten auf eventuelle Unterschiede untersucht werden. Außerdem sollte ein Vergleich der Reaktionshäufigkeiten auf Geschmacksreize und Leerreize mit Leitungswasser erfolgen.

### **1.1 Schmeckvermögen**

#### **1.1.1 Makroskopische und mikroskopische Anatomie der Zunge**

Die Zunge ist ein von Schleimhaut bedeckter Muskelkörper. Die Schleimhautoberfläche des Zungenrückens und des Zungenrandes ist durch Zungenpapillen (*Papillae linguales*) vergrößert.

Man unterscheidet vier Papillenarten:

*Fadenpapillen* (*P. filiformes*) bedecken den gesamten Zungenrücken und sind die häufigste Form. Sie erfüllen mechanische und taktile Aufgaben, besitzen aber keine Geschmacksorgane. Die Lamina propria ist hier zu einer Primärpapille aufgeworfen, die 10 - 30 Sekundärpapillen trägt, deren Spitzen rachenwärts zeigen. Sie tragen mehrschichtiges, teilweise verhornendes Plattenepithel (Schiebler 2005).

150 - 400 *Pilzpapillen* (*P. fungiformes*) liegen am Zungenrücken, gehäuft am Zungenrand und der Zungenspitze. Die Primärpapille ist pilzförmig und trägt seitlich wenige kurze Sekundärpapillen. In das mehrschichtige Plattenepithel der Papillenoberfläche sind 3 - 4 Geschmacksknospen pro Papille eingebettet (Schmidt, Schaible 2006). Außerdem enthält das Bindegewebe Mechanorezeptoren, Thermorezeptoren und freie Nervenendigungen (Fanghänel et al. 2003).

10 - 30 *Blätterpapillen* (*P. foliatae*) liegen dicht nebeneinander am hinteren seitlichen Zungenrand. Die Oberfläche bildet auch hier ein mehrschichtiges Plattenepithel. In den Seitenwänden der Papillen liegen ca. 50 Geschmacksknospen. In den Furchen zwischen benachbarten Papillen münden die Ausführungsgänge der serösen Ebner-Spüldrüsen (Schmidt, Schaible 2006).

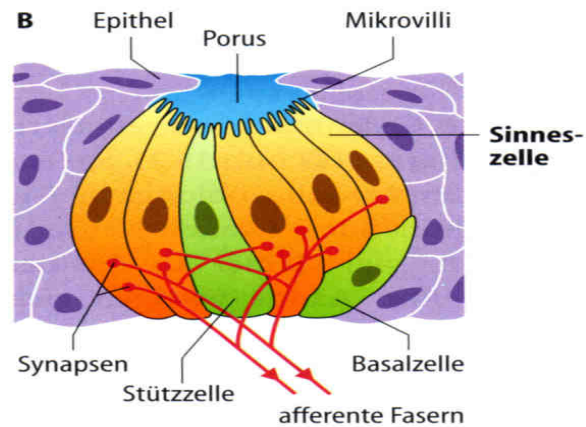
7 - 12 *Wallpapillen* (*P. vallatae*) liegen vor dem Sulcus terminalis linguae. Mit einem Durchmesser von 1 - 3 mm sind sie die größten Zungenpapillen. Sie sind von einem Wallgraben umgeben, wobei sich im Plattenepithel beidseits des Grabens über 100 Geschmacksknospen befinden und am Grund die serösen Ebner-Spüldrüsen münden (Schmidt, Schaible 2006; Schiebler 2005).

Weitere Geschmacksknospen können am weichen Gaumen, in der dorsalen Wand des Mesopharynx, auf der Rückseite der Epiglottis und im Epithel des proximalen Ösophagus lokalisiert sein (Benninghoff, Drenckhahn 2004).

### **1.1.2 Aufbau der Geschmacksknospen**

Der Mensch besitzt im Säuglingsalter rund 8000 Geschmacksknospen, im Erwachsenenalter sind es noch ca. 2000. Ihre Anzahl unterliegt nicht nur altersabhängigen sondern auch individuellen Schwankungen (Benninghoff, Drenckhahn 2004).

Geschmacksknospen stellen die eigentlichen Geschmacksorgane dar. Ihr Durchmesser beträgt ca. 40 µm bei einer Höhe von ca. 70 µm. Jede Geschmacksknospe wird gebildet von 10 - 50 Geschmackszellen (sekundäre Sinneszellen ohne eigenen Nervenfortsatz), die mit Stützzellen und Basalzellen wie die Lamellen einer Zwiebel gelagert sind. Zur Mundhöhle hin bildet jede Geschmacksknospe eine Vertiefung, den Geschmacksporus (Porus gustatorius). In diesen ragen die Chemorezeptoren tragenden Mikrovilli der Sinneszellen (Schmidt, Schaible 2006).



**Abb. 1:** Aufbau und Innervation einer Geschmacksknospe  
(Schmidt, Schaible: Neuro- und Sinnesphysiologie, 2006)

Myelinisierte Nervenfasern der für den Geschmackssinn verantwortlichen Hirnnerven ziehen zu den Geschmacksknospen, verlieren beim Durchtritt der Basalmembran ihre Myelinscheide und bilden einen basalen Axonplexus. Von diesem steigen intragemmale Axone auf und bilden afferente Synapsen mit den sekundären Geschmackssinneszellen. Zu beachten ist, dass eine einzelne Nervenfasern mehrere Sinneszellen einer Geschmacksknospe versorgen kann, aber auch verschiedene Nervenfasern dafür verantwortlich sein können (Schmidt, Schaible 2006).

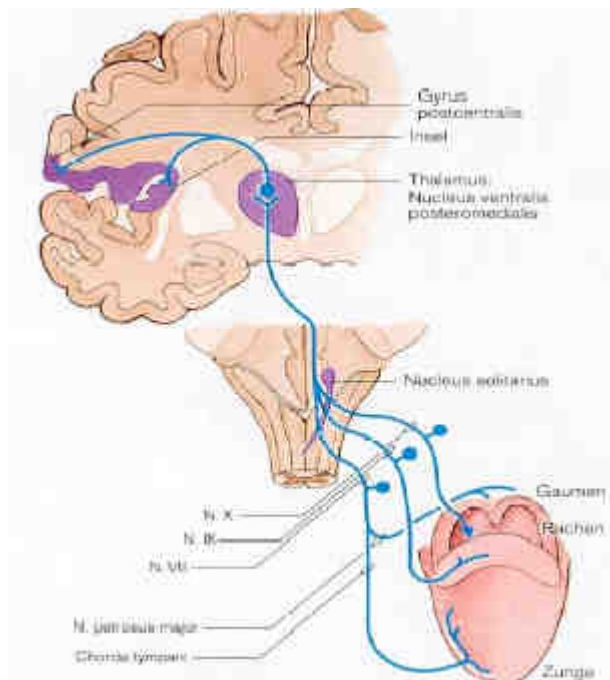
### 1.1.3 Das gustatorische System

Die Dendriten des 1. Neurons der Geschmacksbahn laufen mit den Hirnnerven Chorda tympani des Intermediusanteils des N. facialis, mit dem N. glossopharyngeus und dem N. vagus. In den sensiblen Ganglien dieser Nerven liegen die pseudounipolaren Nervenzellen.

Die Signale aus den vorderen zwei Dritteln der Zunge, damit vor allem aus den P. fungiformes, werden über die Chorda tympani zum 1. Neuron der Geschmacksbahn im Ganglion geniculi des N. facialis geleitet. Aus dem hinteren Drittel der Zunge, vorwiegend aus den P. vallatae und P. foliatae, werden die Afferenzen über den N. glossopharyngeus zu den Ganglia superius et inferius nervi glossopharyngei geleitet. Signale aus Rachen und Kehlkopfeingang laufen über den N. vagus zu den Ganglia superius et inferius nervi vagi. Die ersten Neurone der Geschmacksbahn sind bipolar und werden im Ncl. tractus solitarii der Medulla oblongata auf das 2. Neuron umgeschaltet. Die Nervenfasern des 2. Neurons ziehen entweder über die



zentrale Hauptbahn zum ipsilateralen Ncl. ventralis posteromedialis des Thalamus oder sie kreuzen im Lemniscus medialis zum kontralateralen Kern. Im Thalamus erfolgt die Umschaltung auf das 3. Neuron. Seine Axone ziehen zum Gyrus postcentralis im Bereich des Operculum parietale nahe dem somatosensorischen Repräsentationsgebiet der Zunge. Ein weiteres Geschmackszentrum liegt im Bereich der Inselrinde (Schmidt, Schaible 2006; Fanghänel et al. 2003). Insgesamt soll hier die bewusste Wahrnehmung des Geschmacks stattfinden.



**Abb. 2:** Verlauf der zentralen Geschmacksbahn  
(Klinke, Pape, Silbernagl: Physiologie, 2005)

Kollateralen der Geschmacksbahn erreichen die oberen und unteren Speichelkerne, wodurch die Speichelsekretion reflektorisch der Nahrungsaufnahme angepasst werden kann. Über den Ncl. posterior nervi vagi wird reflektorisch die Magensaftsekretion beeinflusst.

Eine weitere Verbindung existiert zu den Motoneuronen des N. phrenicus im Thorakalmark für Husten- und Brechreflex.

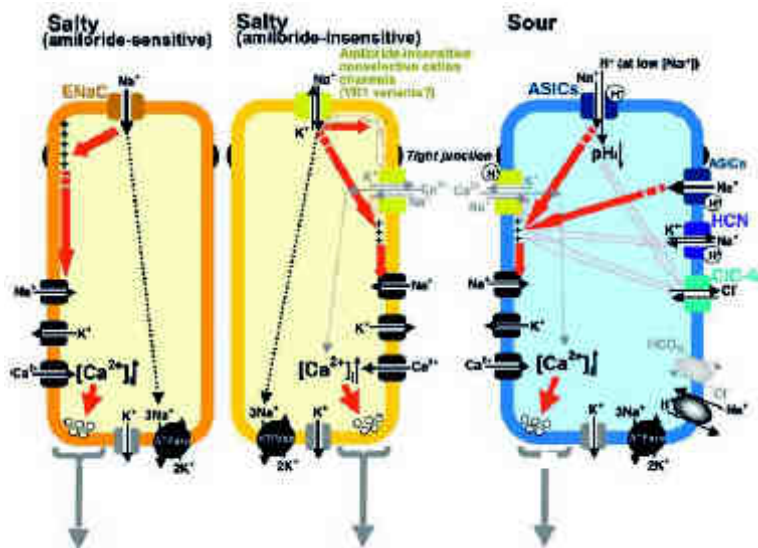
Außerdem gibt es über die Corpora mamillaria und den Hypothalamus eine Verbindung zum limbischen System, die verantwortlich ist für die emotionale Komponente, die eine Geschmacksempfindung auslösen kann (Schiebler 2005).

### 1.1.4 Geschmacksphysiologie

Jede Geschmacksknospe kann meist alle primären Geschmacksqualitäten süß, sauer, salzig, bitter und umami perzeptieren. Die einzelnen Sinneszellen können sowohl spezifisch für eine Qualität sein als auch ein breites Spektrum haben (Schmidt, Schaible 2006).

Die unterschiedlichen Qualitäten nutzen dabei völlig unterschiedliche molekulare Mechanismen.

Für die Qualitäten salzig und sauer existiert ein ionotroper Mechanismus.



**Abb. 3:** Molekulare Transduktionsprozesse der Qualitäten salzig und sauer (Sugita: Taste perception and coding in the periphery, 2006)

*Sauer:* Alle Säuren führen zu einer Verminderung des pH-Werts und setzen Wasserstoffionen ( $H^+$ , Protonen) frei, die den sauren Geschmack durch die Aktivierung von Ionenkanälen, durch Protonenkanäle und pH-abhängige Ionenaustauscher vermitteln (Sugita 2006).

Die Protonen binden an sogenannte ASICs (acid sensing ion channels) und aktivieren sie. Dadurch können Kationen in die Sinneszelle einströmen und diese depolarisieren (Sugita 2006). Außerdem blockieren die Wasserstoffionen  $K^+$ -Kanäle in der apikalen Membran der Sinneszellen, die zur Aufrechterhaltung des Ruhemembranpotentials dienen. Ist der Kaliumionen Ausstrom vermindert, so depolarisiert die Zelle (Kinnamon, Margolskee 1996). Auch Wasserstoffionen können bei niedrigen Natriumionengehalt extrazellulär durch ASICs einströmen und zur Depolarisation beitragen (Sugita 2006).

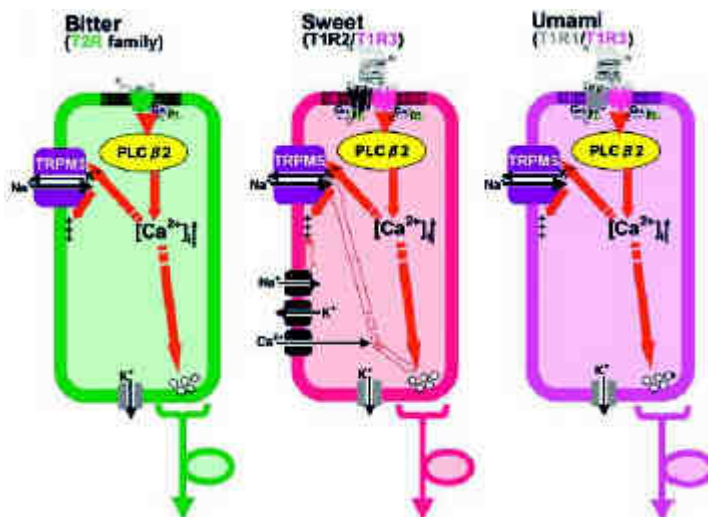
*Salzig*: Stoffe mit salzigem Geschmack sind Salze, die in Wasser in Anionen und Kationen dissoziieren, wobei beide für die Empfindung mitverantwortlich sind. Dabei gilt folgende Reihenfolge ihrer Salzigkeit (Schmidt, Schaible 2006):

Kationen:  $\text{NH}_4 > \text{K} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Li} > \text{Mg}$

Anionen:  $\text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{Br} > \text{J} > \text{HCO}_3 > \text{NO}_3$

Für die Vermittlung des salzigen Geschmacks sind mehrere Mechanismen zuständig. Zum einen strömen Natriumionen durch Amilorid-sensitive ENaC Kanäle der Familie der epithelialen Natriumkanäle in die Sinneszelle und erzeugen so ein depolarisierendes Rezeptorpotential. Zum anderen gibt es Ionenkanäle in der apikalen und der basolateralen Membran, die unspezifisch für Kationen sind und zur Depolarisation beitragen. Außerdem werden spannungsabhängige  $\text{N}^+$ - und  $\text{Ca}^{2+}$ -Kanäle für einen weiteren Kationeneinstrom aktiviert. Basolaterale  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -ATPasen sorgen zusammen mit spannungsabhängigen  $\text{K}^+$ -Kanälen für die Repolarisation (Sugita 2006).

Um die Empfindungen süß, bitter und umami zu vermitteln, muss es zur Interaktion der entsprechenden Substanzen mit G-Protein gekoppelten Rezeptoren der apikalen Membran der Sinneszellen kommen. Man spricht von einem metabotropen Mechanismus.



**Abb. 4:** Molekulare Transduktionsprozesse der Qualitäten bitter, süß und umami (Sugita: Taste perception and coding in the periphery, 2006)

*Süß:* Süß schmeckende Zucker und künstliche Süßstoffe nutzen zur Signalübertragung G-Protein gekoppelte Rezeptoren der T1 Rezeptorfamilie, die die Gene T1R1, T1R2 und T1R3 umfasst, wobei die Rezeptoren als Dimere arbeiten. Zur Vermittlung des süßen Geschmacks muss die Bindung an das T1R2/T1R3 Dimer erfolgen.

*Bitter:* Bitterstoffe sind chemisch sehr unterschiedliche Substanzen. Die Signalübertragung erfolgt ähnlich wie für süß schmeckende Substanzen, mit dem Unterschied, dass die Rezeptormoleküle für Bitterstoffe von T2 Rezeptoren gebildet werden. Um der Schutzfunktion der bitter Wahrnehmung gerecht zu werden, umfasst die Familie der T2 Rezeptoren beim Menschen 25 Gene (Sugita 2006).

*Umami:* Die Bezeichnung des Geschmackseindrucks umami ist abgeleitet von japanischen Wort „umai“ für Wohlgeschmack und soll hier als 5. Geschmacksqualität betrachtet werden, obwohl in der vorliegenden Arbeit umami nicht als Schmeckreiz verwendet wurde. Vor allem die Aminosäuren Glutaminsäure und Asparaginsäure bzw. deren Natriumsalze, aber auch fast alle anderen Aminosäuren können das T1R1/T1R3 Rezeptordimer aktivieren. 5`Ribonukleotide wie GMP oder IMP potenzieren die Rezeptorwirkung (Deetjen et al. 2005; Roper 2007).

Kommt es zur Bindung der entsprechenden Liganden an die G-Protein gekoppelten Rezeptoren für süß, bitter und umami, so wird im Inneren der Zellen eine Second-Messenger-Kaskade angestoßen (Roper 2007). Durch das G-Protein wird eine Adenylatcyclase aktiviert. Der dadurch steigende cAMP Spiegel aktiviert eine Proteinase A und diese inaktiviert ihrerseits K<sup>+</sup>-Kanäle durch Phosphorylierung. Durch den verminderten Kaliumionen Ausstrom depolarisiert die Zelle. Dieser Weg moduliert die Signalübertragung vorwiegend. Die entscheidende Rolle spielt, dass das G-Protein die PLC $\beta_2$ , eine Phospholipase C, aktiviert. Diese wiederum synthetisiert IP<sub>3</sub> und DAG aus PIP<sub>2</sub> als intrazelluläre Botenstoffe, die die Freisetzung von Calciumionen aus intrazellulären Speichern bewirken. Durch die dadurch geöffneten TRPM5-Kanäle strömen weitere Natriumionen in die Zelle und depolarisieren sie (Sugita 2006).

Die gustatorischen Signalwege aller fünf Qualitäten münden in eine gemeinsame *Endstrecke*: Durch die überschwellig depolarisierenden Rezeptorpotentiale entstehen in den Sinneszellen Aktionspotentiale. Diese führen zur Öffnung spannungsgesteuerter  $\text{Ca}^{2+}$ -Kanäle, die an der basolateralen Membran der Sinneszellen lokalisiert sind. Der Calciumioneneinstrom bewirkt die Ausschüttung Glutamat gefüllter Vesikel in den synaptischen Spalt. Dadurch wird das Signal an die Dendriten der ersten Neurone der Geschmacksbahn übertragen (Klinke et al. 2005).

### **1.1.5 Wahrnehmungs- und Erkennungsschwelle**

Die Empfindlichkeit des menschlichen Geschmackssinnes lässt sich durch zwei charakteristische Schwellenkonzentrationen beschreiben. Bei niedriger Konzentration bemerkt man zuerst, dass eine Substanz nach etwas schmeckt, ohne dass ein bestimmter Geschmack identifiziert werden kann. Hier spricht man von Wahrnehmungsschwelle. Erhöht man die Konzentration, so gelangt man zur Erkennungsschwelle, an der die Geschmacksqualität bestimmt werden kann. Charakteristisch ist, dass Bitterstoffe als mögliche Gefahrenstoffe die niedrigsten Schwellenkonzentrationen besitzen (Klinke et al. 2005).

### **1.1.6 Stärke der Empfindung und Adaptation**

Die Stärke der Geschmacksempfindung hängt nicht linear von der Konzentration der Testsubstanz ab. Stattdessen steigt die Entladungsrate der afferenten Fasern mit steigender Konzentration immer weniger steil an. Damit wird die Empfindlichkeit für kleine Konzentrationsunterschiede immer geringer, wobei ein großer Messbereich vorliegt (Klinke et al. 2005).

Bei kontinuierlicher Reizung kommt es zur Adaptation des gustatorischen Systems. Dabei nimmt die Geschmacksintensität ab und die Erkennungsschwelle steigt an (Deetjen et al. 2005). Nach Beendigung der Reizung dauert es einige Sekunden (NaCl) bis Stunden (Bitterstoffe), bis sich die ursprüngliche Empfindlichkeit wieder einstellt (Schmidt, Lang 2007).

## 1.2 Atmung

Ziel der Atmung ist die Sauerstoff Aufnahme aus der Atemluft zur Versorgung aller Zellen des Organismus und die Abatmung von Kohlendioxid.

Die Atmung lässt sich unterteilen in die *äußere Atmung* bzw. *Lungenatmung*. Diese wiederum gliedert sich in *Ventilation*, bei der die Alveolen der Lunge über die Luftwege im Wechsel von Inspiration und Expiration belüftet werden. *Perfusion*, Durchblutung der Lungenkapillaren in Abhängigkeit ihrer Belüftung. *Diffusion* von O<sub>2</sub> in das Blut und Abgabe von CO<sub>2</sub> entlang des Konzentrationsgradienten der alveolokapillären Membran und *Konvektion*, also Gastransport im Blut.

Durch die äußere Atmung wird die *innere Atmung* oder *Zellatmung* möglich, die Energie in Form von ATP liefert. Hier kann durch die in den Mitochondrien ablaufende Atmungskette aus 1 Mol Glucose unter Verbrauch von 6 Mol O<sub>2</sub> 38 Mol ATP gewonnen werden, wobei 6 Mol CO<sub>2</sub> und 6 Mol H<sub>2</sub>O anfallen.

### 1.2.1 Atemfrequenz

Die Atemfrequenz ist von zahlreichen Faktoren wie Alter (Tab. 1), Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht, aber auch von Psyche und Trainingszustand abhängig (Böhme 2003).

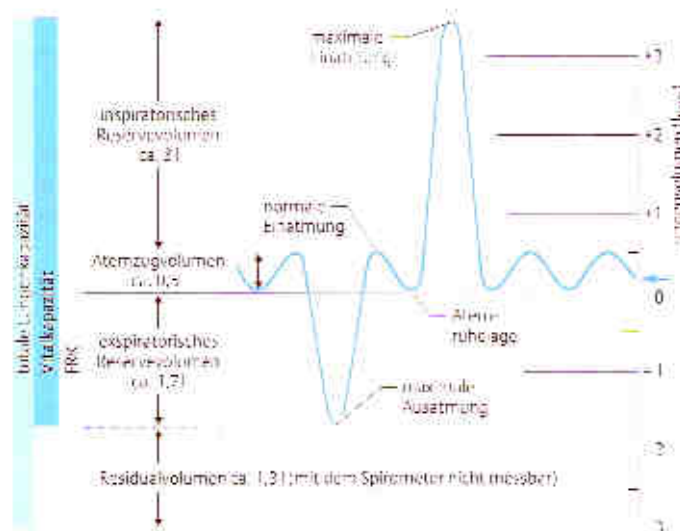
**Tab. 1:** Atemfrequenz

<b>Alter</b>	<b>Atemfrequenz (in Ruhe)</b>
Neugeborenes	40-60 pro Minute
1-3 jähriges Kind	19-26 pro Minute
7-9 jähriges Kind	18-22 pro Minute
ab 13 Jahre	16-20 pro Minute
Erwachsene	10-20 pro Minute

### 1.2.2 Atemvolumina

Als Ruhenormwert im Erwachsenenalter gilt, dass pro Atemzug 0,5 l geatmet werden. Bildet man das Produkt aus Atemzugvolumen und Atemfrequenz pro Minute, so ergibt sich ein Atemminutenvolumen von ca. 8 l/min. Dieses kann bei Belastung auf bis zu 120 l/min erhöht werden (Fanghänel et al. 2003).

Nach einem normalen Atemzug können noch weitere 3 l eingeatmet werden (inspiratorisches Reservevolumen). Aus der Atemruhelage können noch ca. 1,7 l ausgeatmet werden (expiratorisches Reservevolumen). Inspiratorisches und expiratorisches Reservevolumen bilden zusammen mit dem Atemzugvolumen die Vitalkapazität. Jedoch verbleibt auch nach maximaler Ausatmung ein Residualvolumen von 1,3 l in der Lunge. Die Summe aus Vitalkapazität und Residualvolumen bildet die Totalkapazität der Lunge, die 5 - 7,5 l beträgt (Huppelsberg, Walter 2003).



**Abb. 5:** Atemvolumina  
(Huppelsberg, Walter: Kurzlehrbuch Physiologie, 2003)

### 1.2.3 Aktionsphasen der Atmung

Als Ruheatmung wird eine Atmung im entspannten Zustand bezeichnet (Böhme 2003).

Man kann drei Atemphasen unterscheiden:

Während der *Inspirationsphase* kommt es durch die Kontraktion des Zwerchfells und die Thoraxerweiterung durch die inspiratorisch wirkenden Atemmuskeln zur Einatmung. Darauf folgt die *Postinspirationsphase*, bei der die Aktivität dieser Muskulatur nachlässt und die Ausatmung als passiver Vorgang beginnt. Die *Expirationsphase* ist unter Ruhebedingungen ein passiver Vorgang, der durch die elastischen Rückstellkräfte von Lunge und Thorax ermöglicht wird. Für eine forcierte Ausatmung können zusätzlich

expiratorisch wirkende Atemmuskeln aktiviert werden (Fanghänel et al. 2003).

Ein Atemzyklus dauert in Ruhe 4 - 6 s, wobei für die Inspiration 1,5 - 2,5 s und für die Expiration 2,5 - 3,5 s benötigt werden (Schmidt, Lang 2007).

### **1.2.4 Regulation der Atmung**

Die Steuerung der Atmung muss so erfolgen, dass  $PO_2$ ,  $PCO_2$  und pH-Wert als eigentlich zu regulierende Größen konstant gehalten werden. Damit soll gewährleistet werden, dass auch unter unterschiedlichen Stoffwechselbedingungen die Zellen des Organismus optimale Betriebsbedingungen erhalten (Deetjen et al. 2005).

Die Neurone des Atemzentrums liegen bilateral in der Formatio reticularis der Medulla oblongata zwischen dem Abgang des N. glossopharyngeus und dem zweiten Zervikalsegment und werden als ventrale respiratorische Gruppe bezeichnet (Deetjen et al. 2005). Mit Hilfe des Erregungsantriebs der Formatio reticularis können die respiratorischen Neurone einen Grundrhythmus generieren, der aus drei Zyklusphasen besteht.

Während der Inspirationsphase werden inspiratorische Neurone aktiviert, die die Motoneurone der Inspirationsmuskulatur aktivieren und so zur Einatmung führen. Die gleichzeitige Hemmung der übrigen Neurone wird dann schrittweise aufgehoben und die passive Expiration wird durch ein Nachlassen der Kontraktion der inspiratorischen Muskeln eingeleitet. Dabei entladen vor allem die postinspiratorischen Neurone. In der Phase der aktiven Expiration sind die expiratorischen Neurone erregt, die über retikulospinale Bahnen auf die Motoneurone der expiratorisch wirkenden Muskeln verschaltet werden (Schmidt, Lang 2007).

Der Grundrhythmus des Atemzentrums kann über verschiedene Faktoren modifiziert werden.

Zur rückgekoppelten Regulation der Atmung dienen periphere und zentrale Chemorezeptoren. Die peripheren Chemorezeptoren sind im Glomus caroticum und in den Glomerula aortica lokalisiert. Sie reagieren auf eine Erhöhung des arteriellen  $CO_2$  Partialdrucks, auf eine Erniedrigung des arteriellen  $O_2$  Partialdrucks und auf einen arteriellen pH-Wert Abfall. Die



zentralen Chemorezeptoren im Bereich des Hirnstamms reagieren vorwiegend auf pH-Wert Abfall und CO<sub>2</sub> Partialdruckanstieg im Liquor. Die Afferenzen der Chemorezeptoren werden zum Atemzentrum in der Formatio reticularis der Medulla oblongata geleitet. Durch eine verstärkte Atmung kann der O<sub>2</sub> Partialdruck wieder angehoben werden.

Eine bedeutende Rolle spielt außerdem die reflektorische Kontrolle der Atmung. Beim laryngealen und trachealen Reflex, z.B. beim Husten, wird die Strömungsgeschwindigkeit der Expirationsluft erhöht und so die Schleimhaut gereinigt. Um die Lunge vor Überdehnung zu schützen, existiert der sogenannte Lungendehnungsreflex oder Hering-Breuer-Reflex. Lungendehnungsrezeptoren können über Afferenzen des N. vagus die inspiratorischen Neurone des Atemzentrums reflektorisch hemmen. Umgekehrt werden sogenannte Irritant-Sensoren des Epithels bei größerer Volumenabnahme in Lunge und Bronchialbaum aktiviert und leiten den Head-Reflex oder Deflationsreflex ein, der die weitere Expiration hemmt und die Inspiration aktiviert. Bei einer Erhöhung des Extrazellulärvolumens um die Lungenkapillaren, z.B. im Rahmen eines Lungenödems, werden J-Rezeptoren aktiviert. Diese erzeugen als J-Reflex eine schnelle, flache Atmung, bei maximaler Stimulation Apnoe (Deetjen et al. 2005).

Atmung und Herzkreislaufsystem sind ein funktionell gekoppeltes kardiorespiratorisches Regelsystem. Ein erhöhter Sympathikotonus steigert sowohl das Herzminutenvolumen als auch das Atemminutenvolumen und sorgt für eine bedarfsgerechte Verteilung des Blutstroms im Kreislauf und die Deckung des erhöhten O<sub>2</sub> Bedarfs der arbeitenden Muskulatur (Deetjen et al. 2005).

Eine Vielzahl zentralnervöser Vernetzungen des Atemzentrums ermöglichen die Anpassung der Atmung an das physische und psychische Verhalten. Antriebsimpulse aus dem limbischen System, vom Hypothalamus ausgelöste Verhaltensänderungen oder Startle-Reaktionen des sensomotorischen Cortex können über die Verschaltungen ihrer efferenten Bahnen zur Formatio retikularis das Atemzentrum erregen (Deetjen et al. 2005).

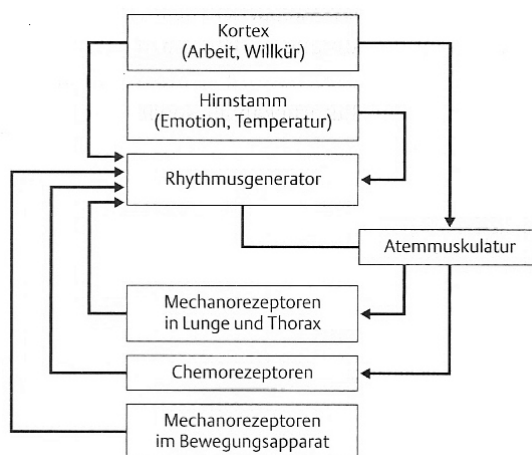
Auch alle Afferenzen aus der Peripherie wirken über Kollateralen auf die Formatio retikularis. Durch Erregung der Muskelspindeln und

Sehnenrezeptoren der arbeitenden Muskulatur, durch periphere und zentrale Thermorezeptoren, z.B. bei Fieber und durch Schmerzreize wird die Atmung aktiviert (Deetjen et al. 2005).

Hormone haben ebenfalls Einfluss auf die Atmung. Das Stresshormon Adrenalin, aber auch stoffwechselsteigernde Hormone, wie das in der Schwangerschaft vermehrt gebildete Progesteron oder Schilddrüsenhormone führen zu einem erhöhten Atemantrieb (Deetjen et al. 2005).

Eine willkürliche Ventilationssteigerung kann bei schwerer körperlicher Arbeit Werte von 120 - 130 l/min, bei Hyperventilation sogar Werte von 140 - 160 l/min erreichen.

Auch Umwelteinflüsse können die Atmung beeinflussen. Schon 1963 stellten Gerhardt und Rauh eine Atemänderung bei intensiven Geruchsreizen fest. 1981 untersuchte und beschrieb Gudziol den olfaktorischen Reflex.



**Abb. 6:** Einwirkung von Atemantrieben auf das Atemzentrum (Huppelsberg, Walter: Kurzlehrbuch Physiologie, 2003)

## 2 Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Beantwortung folgender Fragen:

- (1) Verändert sich die Atmung der Probanden nach einem überschwelligem Schmeckreiz?
- (2) Wie verändert sich die Atmung? Reagieren die Probanden bevorzugt mit Verlängerungen oder Verkürzungen der Inspirations- und Expirationsdauer?
- (3) Gibt es Unterschiede zwischen den Schmeckqualitäten süß, sauer, salzig und bitter?
- (4) Reagieren die Probanden auf Leerreize mit Leitungswasser signifikant seltener als auf Schmeckreize?

## **3 Methodik**

### ***3.1 Voruntersuchung***

#### **3.1.1 Auswahl der Probanden**

An der Studie nahmen 34 Probanden teil, wobei es sich um 15 männliche und 19 weibliche gesunde Studenten im durchschnittlichen Alter von 24,59 Jahren (Median 23, Minimum 22, Maximum 33) handelte.

Alle Versuchspersonen gaben an, süß, sauer, salzig und bitter zu schmecken und schätzten zusätzlich ihr Schmeckvermögen anhand der Skala „sehr gut“, „gut“, „mittel“, „schlecht“ ein.

Die Teilnehmer hatten keine neurologischen oder andere Grunderkrankungen, die das Schmeckvermögen beeinträchtigen könnten. Außerdem sollte die Nasenatmung beidseits nicht behindert sein.

Die Untersuchungen erfolgten von Oktober 2006 bis März 2007, nachdem die Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena den Antrag zur Versuchsdurchführung genehmigt hatte. Alle Probanden wurden ausführlich aufgeklärt und gaben schriftlich ihr Einverständnis für die Teilnahme.

#### **3.1.2 Schmecktest**

Bei allen Versuchspersonen wurde ein Schmecktest durchgeführt, wobei nach der so genannten Drei-Tropfen-Methode vorgegangen wurde (Förster et al. 2004; Gudziol, Hummel 2007; Henkin et al. 1963). Das dafür nötige Schmeckbesteck erforderte eine lichtgeschützte Lagerung im Kühlschrank und wurde alle vier Wochen erneuert. Eine Stunde vor Versuchsbeginn wurden die Testlösungen aus dem Kühlschrank genommen und erwärmten sich unter Zimmertemperatur.

Als Schmeckbesteck fanden folgende Konzentrationen der Prüflösungen Anwendung:

**Tab. 2:** Verdünnungsstufen und Konzentrationen der Prüflösungen in %

<b>Verdünnungsstufen</b>	<b>süß</b> (Sol. Saccharosi)	<b>sauer</b> (Sol. Acid. Citric)	<b>salzig</b> (Sol. Natr. Chlorid)	<b>bitter</b> (Sol. Chinin Hydrochlorid)
-2	0,75	0,25	0,6	0,005
-1	1,5	0,5	1,2	0,01
0	3	1	2,5	0,02
+1	10	5	7,5	0,05
+2	40	10	15	0,1
+3	gesättigt	15	gesättigt	1

Die Überprüfung der Schmeckqualitäten erfolgte nacheinander und in zufälliger Reihenfolge pro Proband. Die Qualität bitter wurde wegen ihres Nachgeschmacks immer zum Schluss getestet (pseudorandomisiert).

Zu Beginn des Tests wurde der Proband verblendet. Er wurde aufgefordert, die Zunge herauszustrecken. Nacheinander wurden, wiederum in beliebiger Reihenfolge, zwei Tropfen destilliertes Wasser und ein Tropfen Schmecklösung auf die Zunge getropft. Nach jedem Tropfen sollte der Proband kauende Bewegungen machen und anschließend schlucken. Nach jeweils einer Dreier-Serie musste sich die Testperson entscheiden, welcher der drei Tropfen die Schmecklösung war und welche Geschmacksqualität verwendet wurde, wobei die Möglichkeiten „süß“, „sauer“, „salzig“ und „bitter“ vorgegeben wurden. Gelingt die Identifikation nicht, so wurde die Prüflösung mit der nächst höheren Konzentration verwendet, bis der Proband die Qualität und den Tropfen korrekt identifizierte. Es wurde darauf geachtet, dass zwischen der Überprüfung der einzelnen Schmeckqualitäten eine Pause von mindestens ½ Minute eingehalten wurde, in der der Proband seinen Mund mit Leitungswasser spülte.

## **3.2 Hauptversuch**

### **3.2.1 Verwendete Schmecklösungen**

Im Hauptversuch kamen deutlich überschwellige Schmecklösungen zur Anwendung.

**Tab. 3:** Konzentrationen der Schmecklösungen des Hauptversuchs in %

	<b>süß</b> (Sol. Saccharosi)	<b>sauer</b> (Sol. Acid. Citric)	<b>salzig</b> (Sol. Natr. Chlorid)	<b>bitter</b> (Sol. Chinin Hydrochlorid)
<b>Konzentration</b>	40	10	5,85	0,1
<b>Reizkonzentration</b>	7,7	1,8	1,1	0,018

Dabei wurden pro Reiz je 2 ml der Testsubstanzen verwendet, die in 4 Sekunden gleichmäßig injiziert wurden, so dass sich im Falle der Geschmackslösung die Menge des Geschmacksstoffes auf 11 ml verdünnte (Tab. 3). Die Schmeckreize waren aber trotz dieses Verdünnungseffekts deutlich erkennbar.

Außerdem wurden Leerreize mit je 2 ml Leitungswasser gesetzt.

#### **3.2.2 Atemregistrierung**

Zur Respirationsregistrierung wurde ein Differentialdruckmanometer (Firma Sensing and Control Honeywell, Inc., Morristown, New Jersey, USA) mit einem Messbereich von +/- 5 mbar verwendet. Das Vestibulum nasi der subjektiv schlechter durchgängigen Nasenseite der Probanden wurde mit einem der individuellen Größe der Öffnung angepassten Schaumstoffstück verschlossen und durch einen Polyethylenschlauch (Länge 12 cm) mit einem der beiden Eingänge des Manometers verbunden. Der andere Druckeingang diente als Verbindung zur Umgebungsluft und blieb offen. Die durch die Atmung hervorgerufenen narichoanal Druckdifferenzen wurden durch das Manometer direkt in analoge Spannungen umgewandelt. Diese wurden über eine A/D-Wandlerkarte (Typ AT-MIO-16XE-50, Firma National Instruments, Austin, Texas, USA) alle 1/200 Sekunden registriert, digitalisiert und mit Hilfe eines LabView-Programms online am Rechner als Atemkurve dargestellt. Um dem Versuchsleiter die Bewertung, ob die Ruheatmung des Probanden gleichmäßig war, zu erleichtern, bildete das Programm ständig aus den Werten der jeweils vorhergehenden 5 Inspirationsdauern den Variabilitätskoeffizienten. Eine grüne Signallampe leuchtete, wenn der Variabilitätskoeffizient kleiner oder gleich dem Schwellenwert 0,1 war. Außerdem war es möglich, die Atemkurve für eine spätere Betrachtung und Auswertung zu speichern.

### **3.3 Versuchsdurchführung**

#### **3.3.1 Positionierung und Instruktion der Probanden**

Im Zeitraum von Oktober 2006 bis März 2007 wurde die Versuchsreihe durchgeführt.

Jeder Proband wurde aufgefordert, eine bequeme Position auf einem verstellbaren Stuhl an einem Tisch einzunehmen. Dabei sollte er sich leicht über einen Eimer auf dem Tisch beugen. Er erhielt die Anweisung, ruhig und gleichmäßig durch die Nase zu atmen, Bewegungen und Schlucken zu vermeiden und die gewählte Sitzposition während der gesamten Messung beizubehalten. Die subjektiv schlechter durchgängige Nasenseite der jeweiligen Versuchsperson wurde mit dem Druckeingang des Differentialdruckmanometers verbunden. Die Ohren des Probanden wurden mit „weißem Rauschen“ von ca. 60 dB vertäubt und die Augen verbunden, um akustische und visuelle reizsynchrone Artefakte auszuschließen.

Zur Reizapplikation wurde ein Mundstück verwendet, das aus einem 2 cm langem Hartplastikstück und einem dünnen, weichen Silikon-Schlauch (Durchmesser 0,5 cm; Länge 3 cm) mit einer Öffnung vorne und zusätzlich drei Öffnungen seitlich bestand. Die Probanden erhielten die Anweisung, den festen Teil des Mundstücks zwischen Eck- und Backenzahn des Ober- und Unterkiefers zu klemmen.

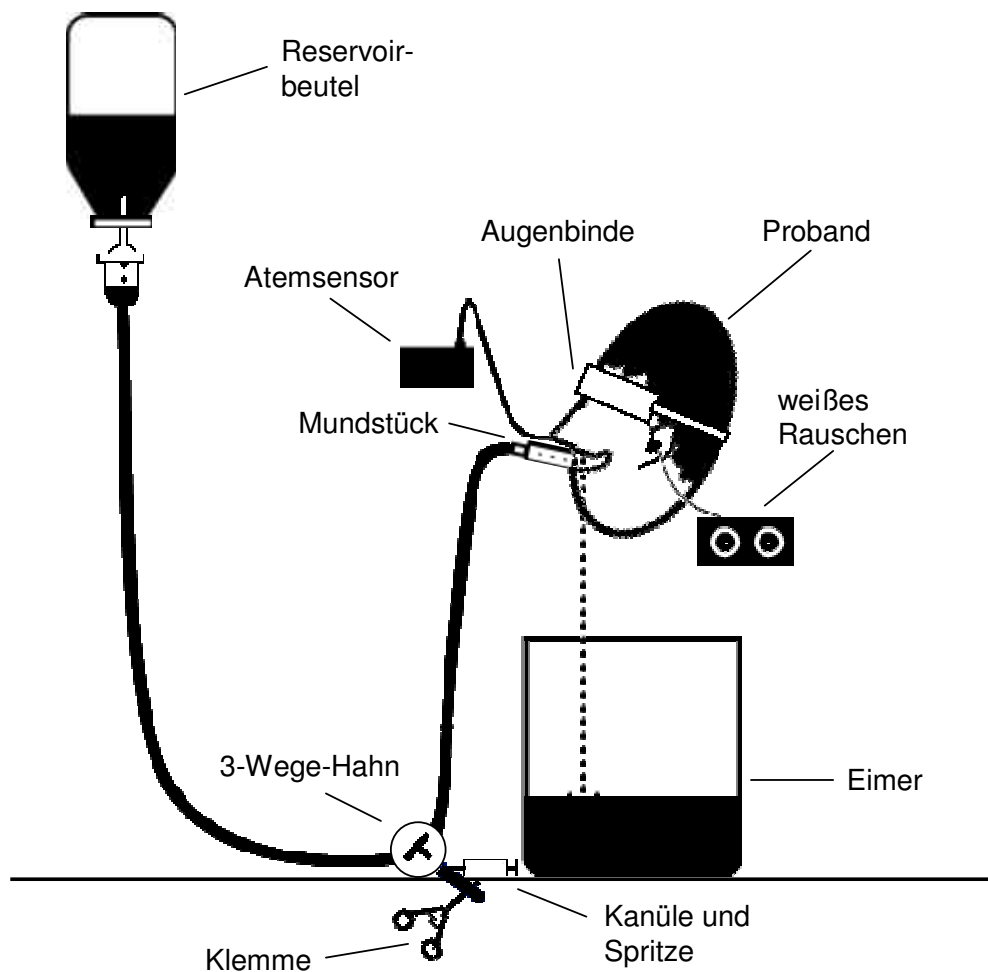
#### **3.3.2 Versuchsaufbau**

Aus einem Reservoirbeutel floss kontinuierlich Wasser mit  $2,75 \pm 0,20$  ml/s durch ein Schlauchsystem, welches mit dem oben beschriebenen Mundstück endete. In 40 cm Entfernung zum Mundstück war ein 3-Wege-Hahn in das Schlauchsystem eingefügt, wobei die geradlinige Verbindung des Hahns vom Reservoirbeutel zum Mundstück verlief und sich an der dritten Öffnung ein kurzes Schlauchstück des gleichen Durchmessers aus Silikon befand. In dieses Stück wurde unmittelbar am 3-Wege-Hahn eine Kanüle (0,5 × 16 mm) eingestochen und der Schlauch unmittelbar hinter der Einstichstelle mit einer chirurgischen Klemme dicht verschlossen. Auf die Kanüle wurde zur Reizapplikation eine Spritze mit 2 ml der jeweiligen Testsubstanz aufgesetzt. Dabei wurde vom Versuchsleiter der 3-Wege-Hahn im Moment der

Reizgebung so eingestellt, dass gleichzeitig der kontinuierliche Wasserstrom und die zur Kanüle führende Verbindung geöffnet waren. Im Anschluss wurde der 3-Wege-Hahn wieder so gedreht, dass nur der Wasserfluss möglich war.

Der 3-Wege-Hahn und der zum Mundstück führende Schlauch waren fest arretiert, so dass Bewegungen und Manipulation an der Kanüle bei Reizapplikation nicht fortgeleitet wurden.

In Vorversuchen wurde an verschiedenen Probanden die durchschnittliche Latenz vom Beginn der Reizapplikation bis zum Eintreten der subjektiven Schmeckwahrnehmung bestimmt. Sie betrug  $1 \pm 0,2$  Sekunden. Außerdem wurde ermittelt, dass die Probanden den Schmeckreiz im Durchschnitt  $6 \pm 0,5$  Sekunden wahrnahmen. Druckschwankungen im Zusammenhang mit der Injektion wurden nicht bemerkt.



**Abb. 7:** Versuchsaufbau



### 3.3.3 Versuchsaufbau

Über das Mundstück floss aus dem Reservoirbeutel kontinuierlich während des gesamten Versuchs Wasser über die vordere Hälfte der Zunge des Probanden, das er allerdings nicht schlucken, sondern nach vorne unten über den leicht geöffneten Mund in den Eimer vor ihm laufen lassen sollte.

Jeder Teilnehmer hatte Zeit, sich einige Minuten an die Situation zu gewöhnen, während der Versuchsleiter online am Rechner die Atmung überwachte. Das Erreichen der stabilen Ruheatmung wurde zum einen rein visuell auf dem Bildschirm bewertet, zum anderen zeigte eine Signallampe im LabView-Programm an, wenn der Variabilitätskoeffizient kleiner gleich 0,1 betrug.

Jedem Probanden wurden randomisiert insgesamt 25 Reize angeboten, je 5 Schmeckreize mit Testlösungen für süß, sauer, salzig und bitter und 5 Leerreize mit Leitungswasser. Die Reihenfolge der Reize wurde vor jeder Messung durch einen Zufallsgenerator festgelegt und unterschied sich dadurch bei allen 34 Probanden.

Die Probanden wurden vor dem Versuch instruiert, die Anzahl der wahrgenommenen Reize zu zählen und nach Versuche dem Versuchsleiter mitzuteilen. Außerdem sollten sie angeben, welche Schmeckqualitäten sie wahrgenommen hatten und ob diese etwa in gleicher Anzahl vertreten waren.

Um eine taktile Wahrnehmung möglichst auszuschließen, wurden je 2 ml der Testlösungen im Abstand von 40 cm zur Mundöffnung durch eine dünne Kanüle (0,5 × 16 mm) langsam in die durch einen 3-Wege-Hahn verbundene Abzweigung des Wasser führenden Schlauchs gespritzt. Das Wasser verteilte sich durch die seitlichen und die vordere Öffnung des Mundstückes so in der Mundhöhle, dass weder Druck- noch Volumenänderungen im Wasserfluss wahrnehmbar waren. Außerdem minderte zusätzlich die weiche Silikonschlauchwandung infolge ihrer Windkesselfunktion Druckspitzen.

Um sicherzustellen, dass der Reiz zu Beginn der Inspirationsphase durch den Probanden wahrgenommen war, erfolgte in Abhängigkeit von einer regelmäßigen Ruheatmung die Injektion zwischen dem Maximum der Expirationkurve und dem Beginn der Inspiration. Bei der ermittelten Dauer

der Wahrnehmung von durchschnittlich 6 s kann man davon ausgehen, dass die Testlösung auch beim 2. Reizatemzug auf den Probanden eingewirkt hat. Zwischen den Reizen wurde eine Pause von mindestens einer Minute oder länger bis zur erneuten Stabilisierung der Ruheatmung eingehalten. Die Gesamtversuchsdauer inklusive Eingewöhnungszeit betrug ungefähr 45 Minuten.

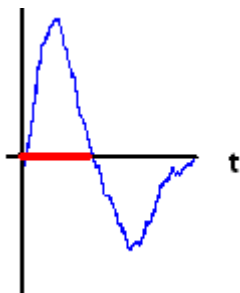
#### **3.4 Parameterermittlung**

Die Atemregistrierung erfolgte durch ein LabView-Programm (erstellt durch Dr. Ing. H. Lehnich, Zentrum für Medizinische Grundlagenforschung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg), die Bewertung offline mit Hilfe eines MS Office Excel Programms aus den gespeicherten Daten.

Wie in vorangegangenen Arbeiten (Diemer 2007; Rosenbusch 2006; Wächter 2003; Wajnert 2003) wurden folgende Atemparameter betrachtet:

##### **3.4.1 Dauer der Inspiration**

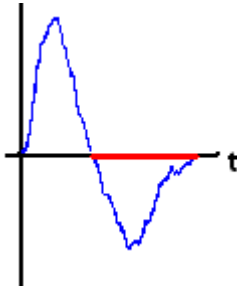
Die Dauer der Inspiration ist definiert als die Zeit vom Beginn des Atemzugs bis zum nächsten Punkt der Atemkurve, der den Wert 0 besitzt und dessen vorangehende Werte größer als 0 und dessen nachfolgende Werte kleiner als 0 sind.



**Abb. 8:** Dauer der Inspiration, rot markiert

##### **3.4.2 Dauer der Expiration**

Die Dauer der Expiration ist definiert als die Zeit von dem Punkt der Atemkurve, der den Wert 0 besitzt und dessen vorangehende Werte größer als 0 und dessen nachfolgende Werte kleiner als 0 sind, bis zum Ende des Atemzugs, dem erneuten Durchgang der 0 Linie.



**Abb. 9:** Dauer der Expiration, rot markiert

### **3.5 Beurteilung der Ruheatmung**

Eine Reaktion auf einen Schmeckreiz konnte nur dann als gültig angesehen werden, wenn die Atmungsänderung stärker ausfiel als die Ruheatmung des Probanden normalerweise schwankte. Deshalb musste eine detaillierte Untersuchung der Ruheatmung erfolgen.

Während des laufenden Versuchs konnte der Versuchsleiter die Ruheatmung online am Rechner rein visuell beurteilen. Außerdem gab ihm eine Signalleuchte Hinweis darauf, ob der Variabilitätskoeffizient bezüglich der Dauer der Inspiration kleiner gleich 0,1 war.

Im Anschluss an die Messung konnten die Daten offline erneut betrachtet werden. Mit Hilfe eines MS Office Excel Programms wurden sie in tabellarische Form gebracht, wobei die Inspirations- und Expirationsdauern in der Einheit Sekunden aufgelistet wurden. Mit diesen Werten wurde dann offline nach der Berechnung des Variabilitätskoeffizienten endgültig die Entscheidung auf Eignung der Ruheatmung getroffen.

Pro Reiz kann ein *Atemkomplex* bestehend aus 5 Ruheatemzügen (*Ruheatemkomplex*) und 3 nachfolgenden Reizatemzügen definiert werden.

Für jeden Ruheatemkomplex wurden aus den Inspirations- und Expirationsdauern der 5 Ruheatemzüge Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) berechnet. Durch Division der Standardabweichung durch den Mittelwert wurde der Variabilitätskoeffizient (V) als Streuungsmaß berechnet:

$$V = s/\bar{x} \text{ (falls } \bar{x} > 0)$$

Streuungs- oder Dispersionsmaße geben Auskunft über die Variabilität der Stichprobe. Hierbei ist der Variabilitätskoeffizient ein dimensionsloses Maß und nur für verhältnisskalierte Merkmale geeignet (Weiß 2005). Somit gibt der Variabilitätskoeffizient die Variation eines Wertes im Vergleich zum Mittelwert an und macht die Werte unabhängig vom absoluten Wert vergleichbar.

Die Ruheatmung galt als unregelmäßig und damit der Atemkomplex für die weitere Auswertung als ungeeignet, wenn der Wert des Variabilitätskoeffizienten größer als 0,1 war. Das bedeutete, dass die Werte der Inspirations- und Expirationsdauer im Durchschnitt über 10 % bzw. +/- 5 % um den Mittelwert schwankten.

Pro Proband konnten bis zu 25 Atemkomplexe sowohl für die Dauer der Inspiration als auch für die Dauer der Expiration geeignet sein, wobei sich die genaue Anzahl bei der anschließenden offline Bewertung der Ruheatmung ergab.

### ***3.6 Beurteilung der Reizatmung***

Nur die Atemkomplexe, die eine regelmäßige Ruheatmung zeigten, gingen in die Betrachtung der Reizatmung ein.

Dabei wurde die Reizatmung während des 1., 2., und 3. Reizatemzugs bezüglich der Parameter Dauer der Inspiration und Dauer der Expiration untersucht.

Dazu wurde eine Wahrscheinlichkeitsrechnung eingesetzt. Es wurde berechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit die betrachteten Atemparameter innerhalb bestimmter Grenzen lagen. Lagen sie außerhalb der Grenzen, so wichen sie signifikant von der normalverteilten Ruheatmung ab. In den Biowissenschaften hat sich ein Schwellenwert von 5 % eingebürgert (Weiß 2005). Das 95%-ige Konfidenzintervall umfasste den Bereich 0,025 bis 0,975. Lagen die erhobenen Daten, Prüfgrößen im Sinne der Statistik, innerhalb dieses Bereichs, so wurde davon ausgegangen, dass keine Atmungsänderung als Reaktion auf den Reiz vorlag.

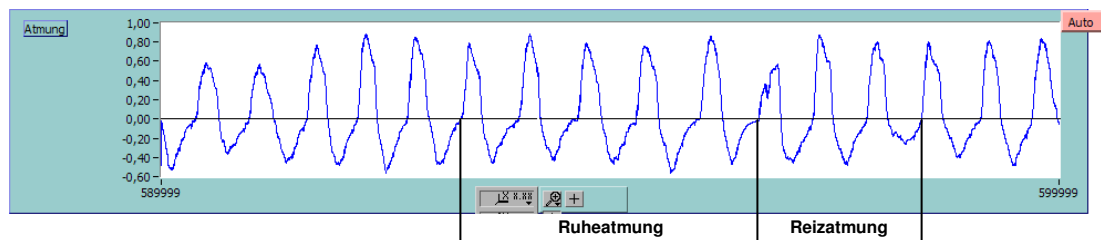
Aus je 5 Ruheatemzügen wurde, wie im Kapitel Beurteilung der Ruheatmung beschrieben, Mittelwert und Standardabweichung bestimmt und in die folgende Gleichung eingesetzt, um die Auftrittswahrscheinlichkeit für den 1., 2., und 3. Reizatemzug zu berechnen.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

$\mu$ = Erwartungswert (Mittelwert)  
 $\sigma$ = Standardabweichung

Ergab sich eine Auftrittswahrscheinlichkeit von kleiner 2,5 % oder größer 97,5 %, so wich der Reizatemzug signifikant von den Ruheatemzügen ab, was als direkte Reaktion auf den Reiz gedeutet wurde.

Außerdem sollte die Qualität der Atmungsänderung beurteilt werden. Als Verlängerung der Dauer der Inspiration bzw. der Expiration wurde definiert, wenn der Wert des jeweiligen Reizatemzuges größer als der Mittelwert der Ruheatemzüge war. Falls der Wert des Reizatemzuges kleiner als der Mittelwert war, so wurde dies als Verkürzung gewertet



**Abb. 10:** Beispiel einer Atemkurve

### 3.7 Statistik

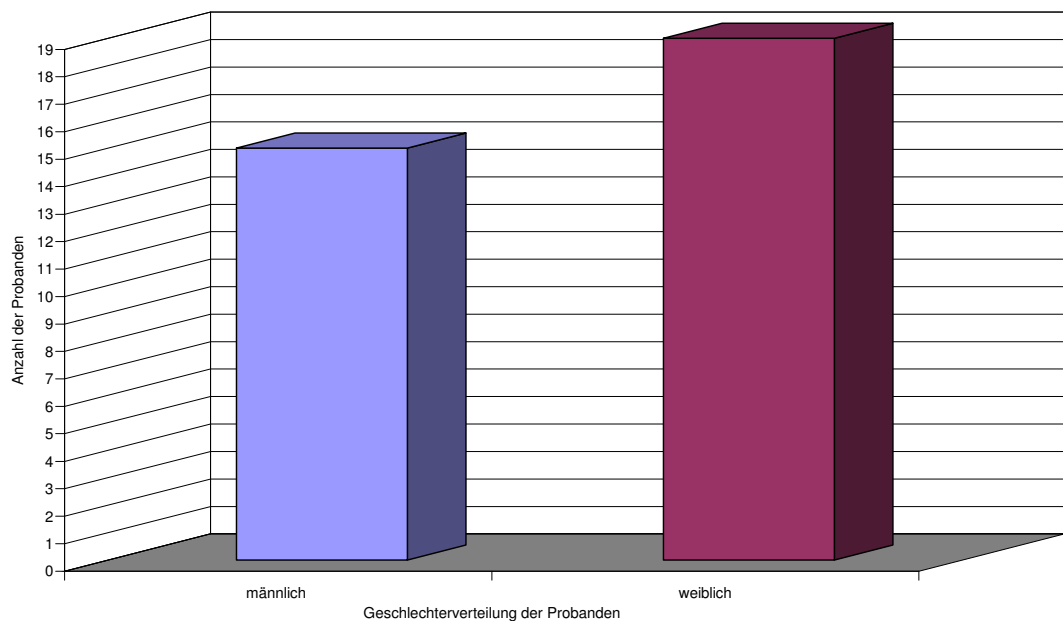
Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS (Version 15.0). Bei den statistischen Berechnungen wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet, wobei das Signifikanzniveau einheitlich auf  $\alpha=0,05$  festgelegt wurde. War der durch das Statistikprogramm SPSS berechnete p-Wert (Chi-Quadrat nach Pearson, exakte Signifikanz 2-seitig) kleiner gleich  $\alpha$ , so bestand ein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit. War der berechnete p-Wert größer als  $\alpha$ , so lag kein signifikanter Unterschied vor.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der Voruntersuchung und Probandenbefragung

#### 4.1.1 Geschlechterverteilung und Altersstruktur der Probanden

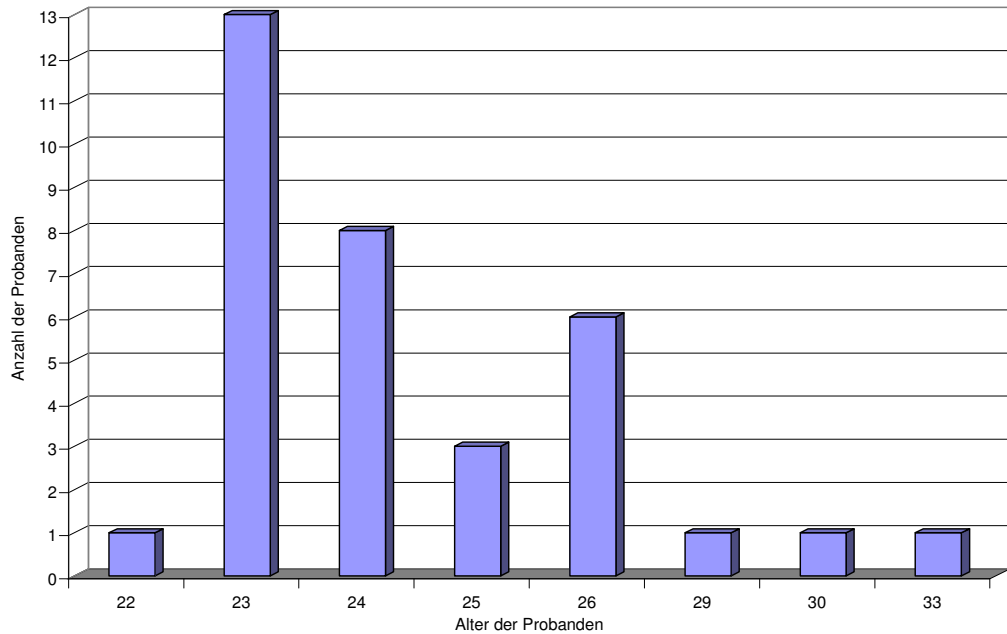
An der Versuchsreihe nahmen insgesamt 34 Probanden teil, wobei das Verhältnis von Männern zu Frauen 15 : 19, also 1 : 1,3 betrug.



**Abb. 11:** Geschlechterverteilung der Probanden

Das Durchschnittsalter der Teilnehmer belief sich auf 24,59 Jahre, mit einem Minimum von 22 Jahren, einem Maximum von 33 Jahren und einem Median von 23 Jahren.

Die männlichen Probanden waren im Mittel 25,6 Jahre (Minimum 23, Maximum 33, Median 23 Jahre), die weiblichen Probanden 23,79 Jahre (Minimum 22, Maximum 30, Median 23 Jahre).

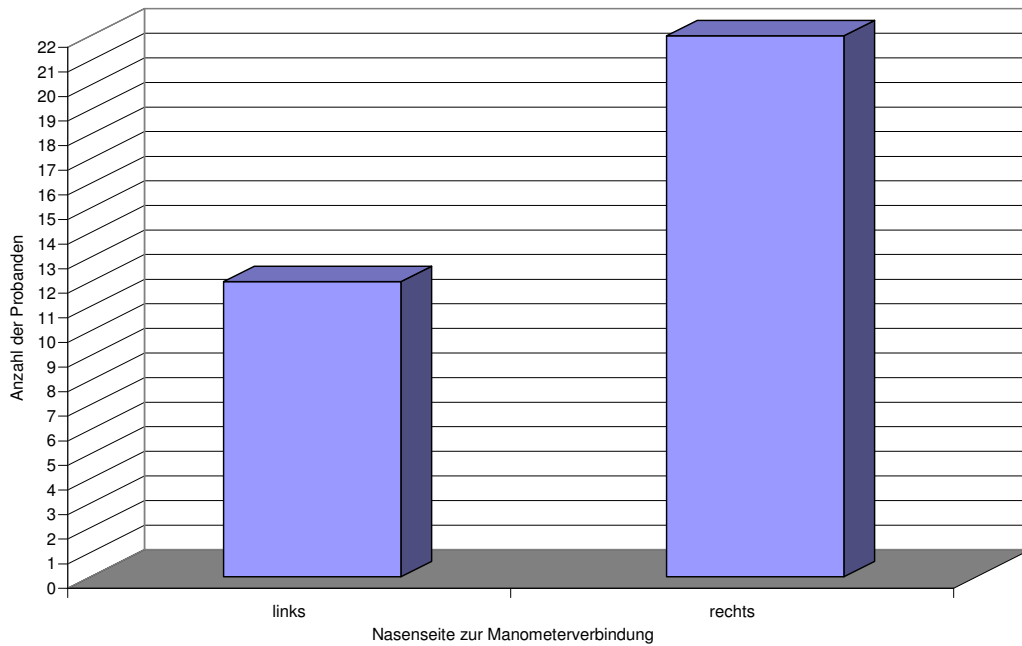


**Abb. 12:** Altersverteilung der Probanden

### 4.1.2 Nasenseite mit subjektiv schlechterer Nasenatmung

Die Teilnehmer wurden im Rahmen der Voruntersuchung befragt, auf welcher Nasenseite die Nasenatmung besser und auf welcher schlechter möglich sei. 12 Probanden nannten ihre linke, 22 ihre rechte Nasenseite als die weniger durchgängige. Im Hauptversuch wurde dann die schlechter durchgängige Nasenseite durch ein der individuellen Größe des Vestibulum nasi angepasstes Schaumstoffstück verschlossen und mit dem Druckeingang des Differentialdruckmanometers verbunden.

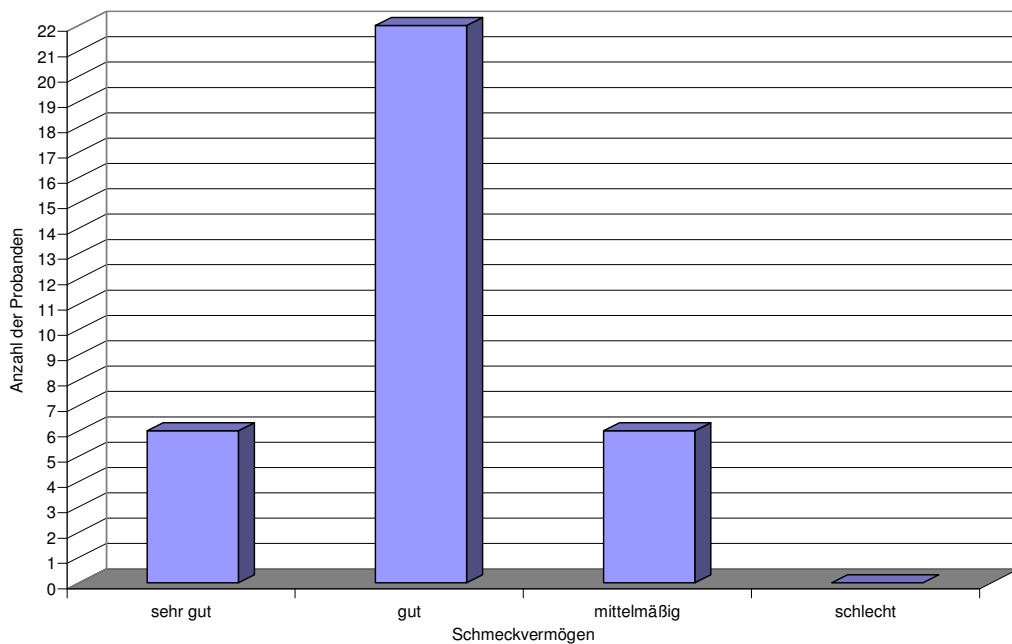
## 4 Ergebnisse



**Abb. 13:** Nasenseite zur Manometerverbindung

### 4.1.3 Selbsteinschätzung des Schmeckvermögens

Die Probanden wurden gebeten, ihr Schmeckvermögen anhand der Skala „sehr gut“, „gut“, „mittel“, „schlecht“ zu beurteilen. 6 Teilnehmer schätzten ihr Schmeckvermögen als „sehr gut“, 22 als „gut“, 6 als „mittel“ und keiner als „schlecht“ ein.

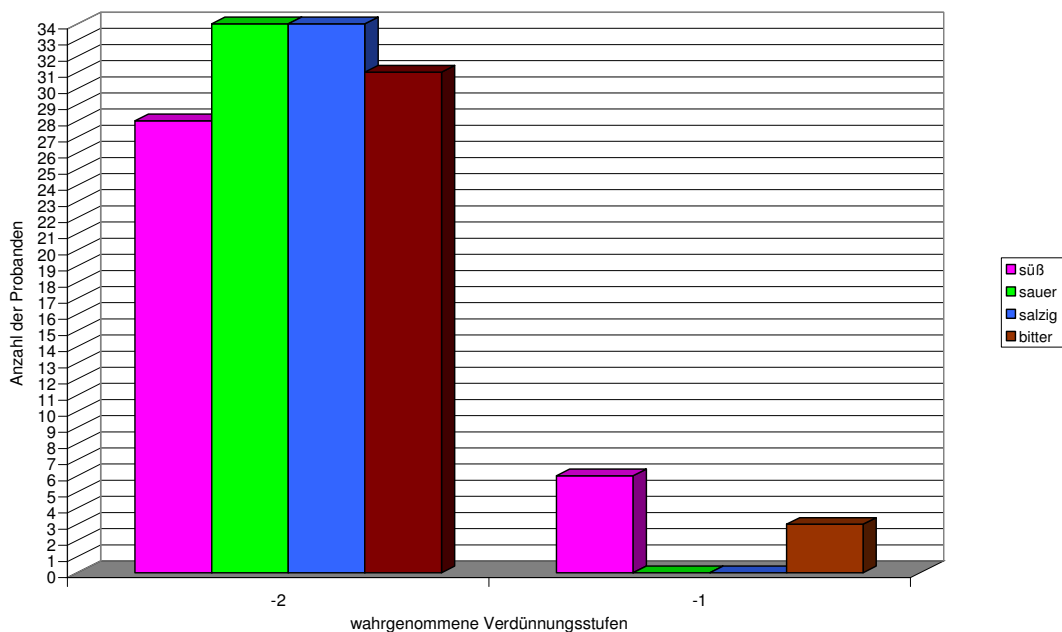


**Abb. 14:** Selbsteinschätzung des Schmeckvermögens



### 4.1.4 Ergebnisse der Schmecktests

Nach der subjektiven Beurteilung des eigenen Schmeckvermögens wurde mit jedem Versuchsteilnehmer ein Schmecktest durchgeführt, wobei nach der 3-Tropfen-Methode vorgegangen wurde. Die Überprüfung der Schmeckqualitäten erfolgte nacheinander und in zufälliger Reihenfolge. Dabei wurde bitter wegen des Nachgeschmacks immer als letztes, die anderen Qualitäten in zufälliger Reihenfolge getestet (pseudorandomisiert). Es wurde überprüft, ob alle Teilnehmer in der Lage waren, süß, sauer, salzig und bitter in niedrigeren Konzentrationen als im Hauptversuch zu erkennen. Alle Teilnehmer waren dazu in der Lage und konnten am Hauptversuch teilnehmen.



**Abb. 15:** Ergebnisse des Schmecktests

### 4.1.5 Ergebnisse der Probandenbefragung

Die Probanden wurden vor dem Hauptversuch vom Versuchsleiter aufgefordert, die wahrgenommenen Schmeckreize zu zählen und das Verhältnis der Schmeckqualitäten zu beurteilen. Alle Probanden gaben an, 20 Reize wahrgenommen zu haben, wobei alle Qualitäten ungefähr gleich verteilt waren.

### **4.2 Betrachtung der Ruheatmung**

Die Ruheatmung eines Probanden schwankt natürlicherweise innerhalb gewisser Grenzen, ohne dass sie als unregelmäßig anzusehen wäre. Um diese Grenzen zu bestimmen, wurde der Variabilitätskoeffizient als Streuungsmaß eingeführt.

Es nahmen 34 Probanden an der Versuchsreihe teil. Pro Person erfolgten 25 Reize in zufälliger Reihenfolge, je 5 Schmeckreize für süß, sauer, salzig, bitter und 5 Leerreize mit Wasser. Pro Reiz wurde ein *Atemkomplex* bestehend aus 5 Ruheatemzügen (*Ruheatemkomplex*) und 3 Reizatemzügen definiert. Damit betrug die Gesamtanzahl der Atemkomplexe 850, wobei es sich um 680 Schmeckreize und 170 Leerreize mit Wasser handelte, was je 170 Atemkomplexen pro Reizqualität entsprach.

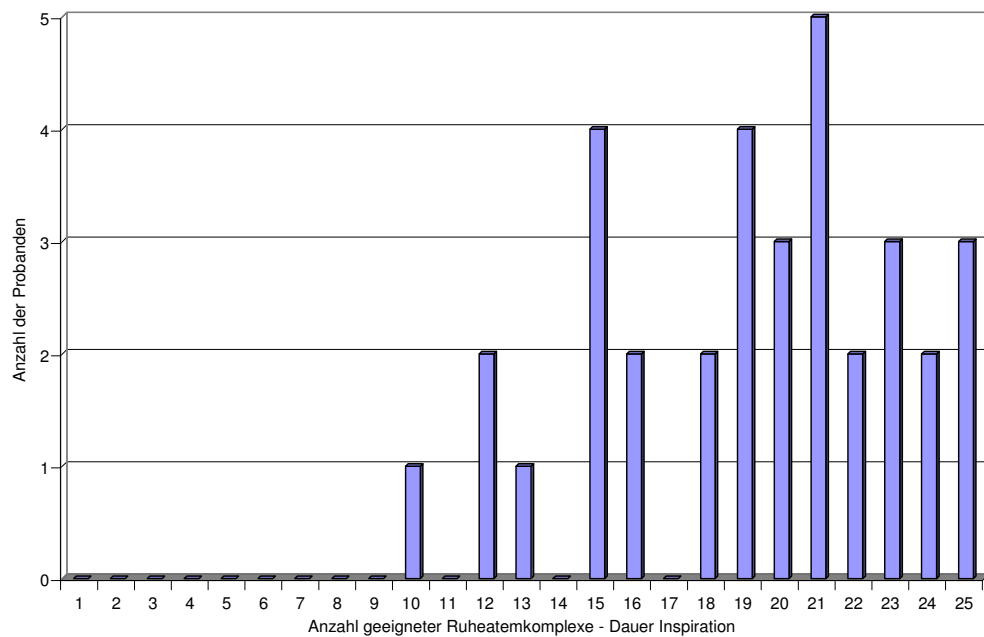
Pro Ruheatemkomplex wurde aus Mittelwert und Standardabweichung der 5 Ruheatemzüge der Variabilitätskoeffizient gebildet, wobei die Parameter Dauer der Inspiration und Dauer der Expiration unterschieden wurden. Die Ruheatmung galt als unregelmäßig, damit der Atemkomplex für die weitere Auswertung als ungeeignet, wenn der Wert des Variabilitätskoeffizienten größer als 0,1 war, was einer Streuung der Ruheatemzüge von über 10% entsprach.

Pro Proband konnten 0 bis 25 geeignete Atemkomplexe vorliegen, wobei die Gültigkeit bezüglich der Parameter Dauer der Inspiration und Dauer der Expiration betrachtet wurde.

#### **4.2.1 Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration**

Von 850 möglichen geeigneten Atemkomplexen war die Ruheatmung 652 mal regelmäßig, was 76,71 % entspricht. Betrachtet man nur die Atemkomplexe mit Schmeckreizgabe, so war die Ruheatmung von 680 möglichen geeigneten Atemkomplexen 518 mal regelmäßig, was 76,18 % entspricht.

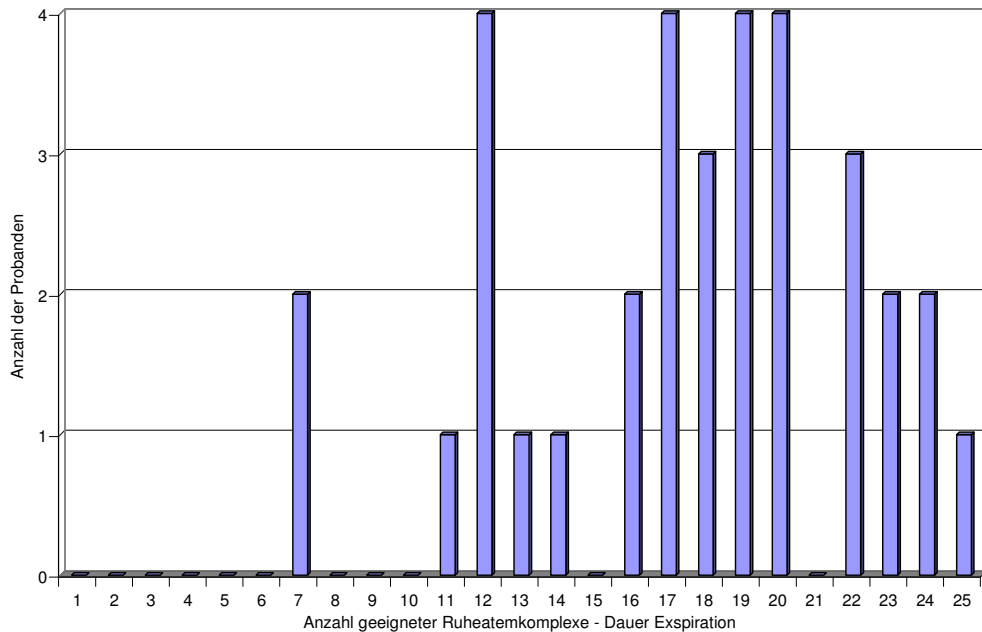
Folgende Abbildung zeigt die Verteilung der geeigneten Ruheatemkomplexe auf die 34 Probanden.



**Abb. 16:** Anzahl geeigneter RAK - Dauer Insp.

### 4.2.2 Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Expiration

Von 850 möglichen geeigneten Atemkomplexen war die Ruheatmung 595 mal regelmäßig, was 70 % entspricht. Betrachtet man nur die Atemkomplexe mit Schmeckreizgabe, so war die Ruheatmung von 680 möglichen geeigneten Atemkomplexen 473 mal regelmäßig, was 69,56 % entspricht. Folgende Abbildung veranschaulicht die Verteilung der geeigneten Ruheatemkomplexe auf die 34 Probanden.



**Abb. 17:** Anzahl geeigneter RAK - Dauer Exsp.

### Zusammenfassung der geeigneten Ruheatemkomplexe:

**Tab. 4:** Zusammenfassung der geeigneten RAK

	<b>Dauer Insp.</b>	<b>Dauer Exsp.</b>
<b>geeignete RAK (Schmeckreiz und Leerreiz)</b>	76,71% (652)	70% (595)
<b>geeignete RAK (Schmeckreiz)</b>	76,18% (518)	69,56% (473)

### **4.2.3 Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration – Betrachtung der Reizqualitäten**

Von je 170 möglichen geeigneten Atemkomplexen pro Reizqualität war die Ruheatmung für den Schmeckreiz süß 128 mal geeignet, was 75,29 % entspricht.

Für den Schmeckreiz sauer war die Ruheatmung 130 mal geeignet, was 76,47 % entspricht.

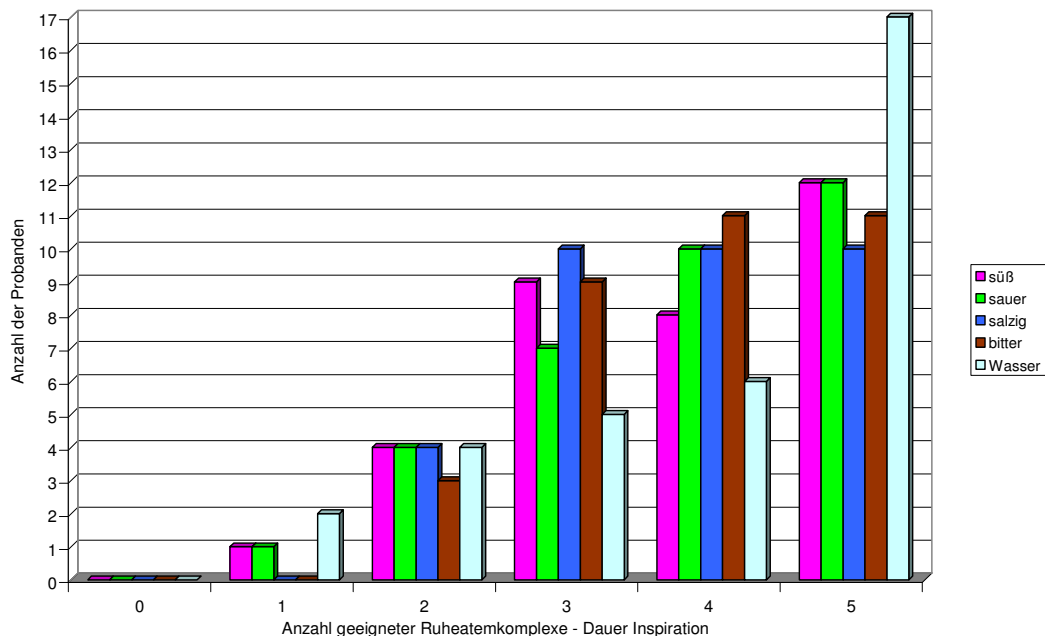
Für den Schmeckreiz salzig war die Ruheatmung 128 mal geeignet, was 75,29 % entspricht.

Für den Schmeckreiz bitter war die Ruheatmung 132 mal geeignet, was 77,65 % entspricht.

## 4 Ergebnisse

Für den Leerreiz Wasser war die Ruheatmung 134 mal geeignet, was 78,82 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung dieser geeigneten Ruheatemkomplexe auf die 34 Probanden.



**Abb. 18:** Anzahl geeigneter RAK - Dauer Insp. - Reizqualitäten

### 4.2.4 Geeignete Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Expiration – Betrachtung der Reizqualitäten

Von je 170 möglichen geeigneten Atemkomplexen pro Reiztyp war die Ruheatmung für den Schmeckreiz süß 120 mal geeignet, was 70,59 % entspricht.

Für den Schmeckreiz sauer war die Ruheatmung 111 mal geeignet, was 65,29 % entspricht.

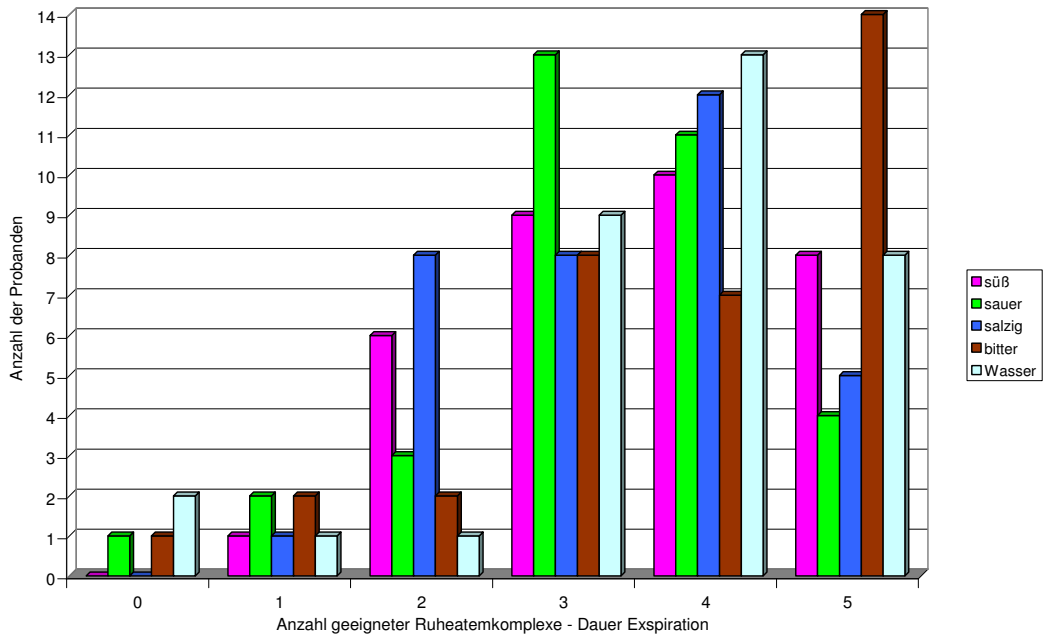
Für den Schmeckreiz salzig war die Ruheatmung 114 mal geeignet, was 67,06 % entspricht.

Für den Schmeckreiz bitter war die Ruheatmung 128 mal geeignet, was 75,29 % entspricht.

Für den Leerreiz Wasser war die Ruheatmung 122 mal geeignet, was 71,76 % entspricht.

Im Diagramm ist die Verteilung dieser geeigneten Ruheatemkomplexe auf die 34 Probanden dargestellt.

## 4 Ergebnisse



**Abb. 19:** Anzahl geeigneter RAK - Dauer Exsp. - Reizqualitäten

### Zusammenfassung der geeigneten RAK für alle Reizqualitäten:

**Tab. 5:** Zusammenfassung der geeigneten RAK - Reizqualitäten

	Dauer Insp.	Dauer Exsp.
<b>süß</b>	75,29% (128)	70,59% (120)
<b>sauer</b>	76,47% (130)	65,29% (111)
<b>salzig</b>	75,29% (128)	67,06% (114)
<b>bitter</b>	77,65% (132)	75,29% (128)
<b>Wasser</b>	78,82% (134)	71,76% (122)

### **4.3 Betrachtung der Reizatmung**

Eine Reaktion auf einen Schmeckreiz kann nur dann als gültig angesehen werden, wenn die Atmungsänderung stärker ausfällt, als die Ruheatmung des Probanden normalerweise schwankt.

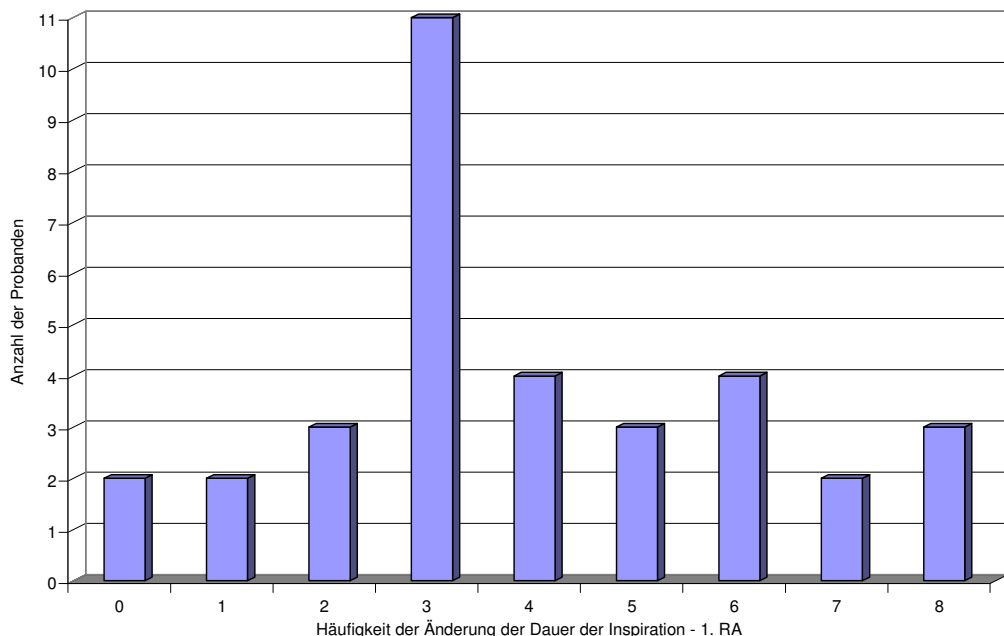
In die Betrachtung der Reizatmung gingen nur die Atemkomplexe ein, die eine regelmäßige Ruheatmung mit einem Variabilitätskoeffizienten kleiner gleich 0,1 zeigten. Dabei wurde die Reizatmung während des 1., 2. und 3. Reizatemzugs untersucht. Als Reaktion wurde mit 5%iger Irrtumswahrscheinlichkeit definiert, wenn die Dauer des jeweiligen Reizatemzugs außerhalb des 95. Konfidenzintervalls des Mittelwerts der Ruheatmung lag.

### 4.3.1 Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration

Von 680 möglichen Atemkomplexen mit Schmeckreizgabe war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration 518 mal geeignet. Nur diese 518 Atemkomplexe wurden bei der Betrachtung der Reizatmung berücksichtigt.

Von 518 möglichen Atemkomplexen erfolgte in 134 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration während des 1. Reizatemzugs, was 25,87 % entspricht.

Folgende Abbildung zeigt die Verteilung dieser 134 Änderungen auf die 34 Probanden.

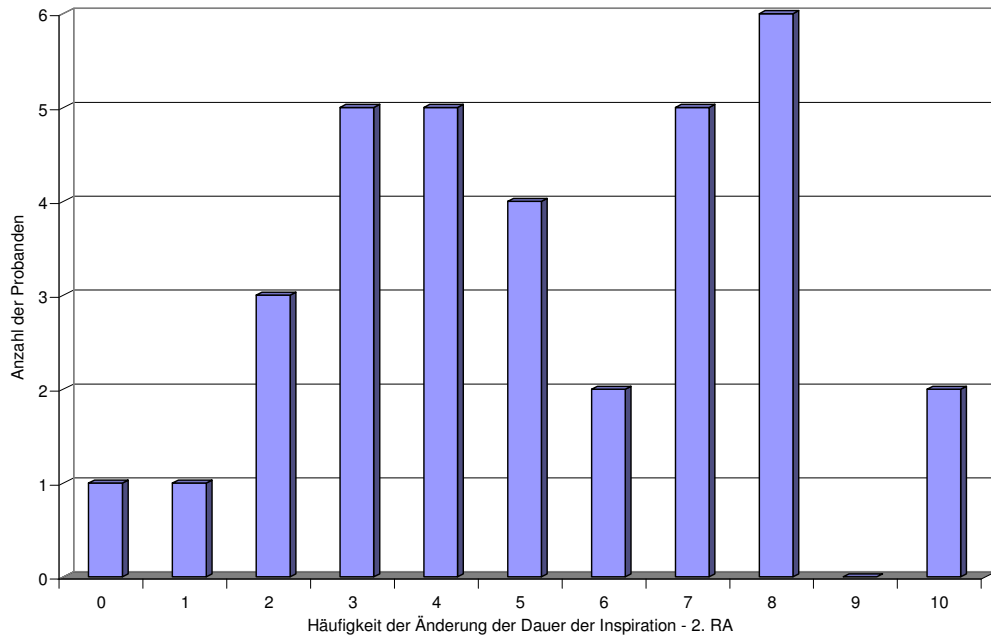


**Abb. 20:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 1. RA

### 4.3.2 Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration

Während des 2. Reizatemzugs erfolgte in 177 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 34,17 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung dieser 177 Änderungen auf die 34 Probanden.

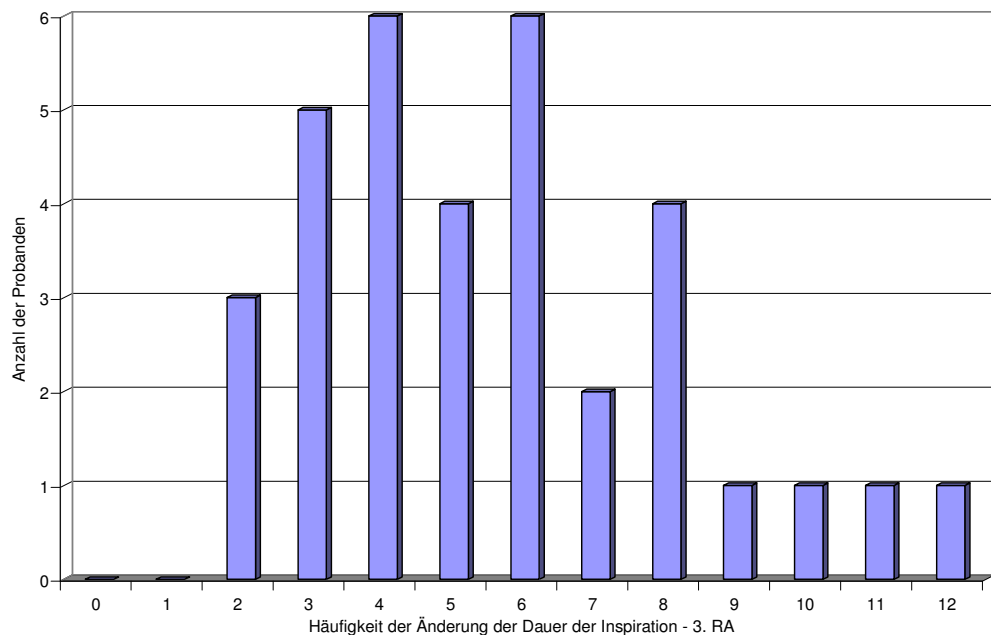


**Abb. 21:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 2. RA

### 4.3.3 Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration

Während des 3. Reizatemzugs erfolgte in 189 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 36,49 % entspricht.

In folgender Abbildung ist die Verteilung dieser 189 Änderungen auf die 34 Probanden dargestellt.



**Abb. 22:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 3. RA



#### 4.3.4 Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration

Von 680 möglichen Atemkomplexen mit Schmeckreizgabe war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Expiration 473 mal geeignet. Nur diese 473 Atemkomplexe wurden bei der Betrachtung der Reizatmung berücksichtigt.

Von 473 möglichen Atemkomplexen erfolgte in 167 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration während des 1. Reizatemzugs, was 35,31 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung dieser 167 Änderungen auf die 34 Probanden.

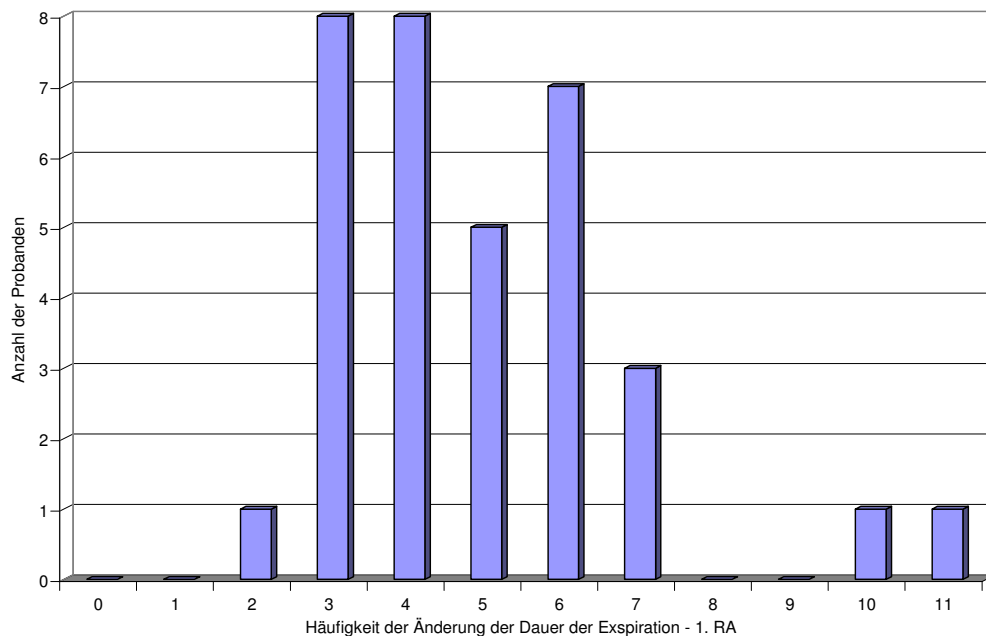
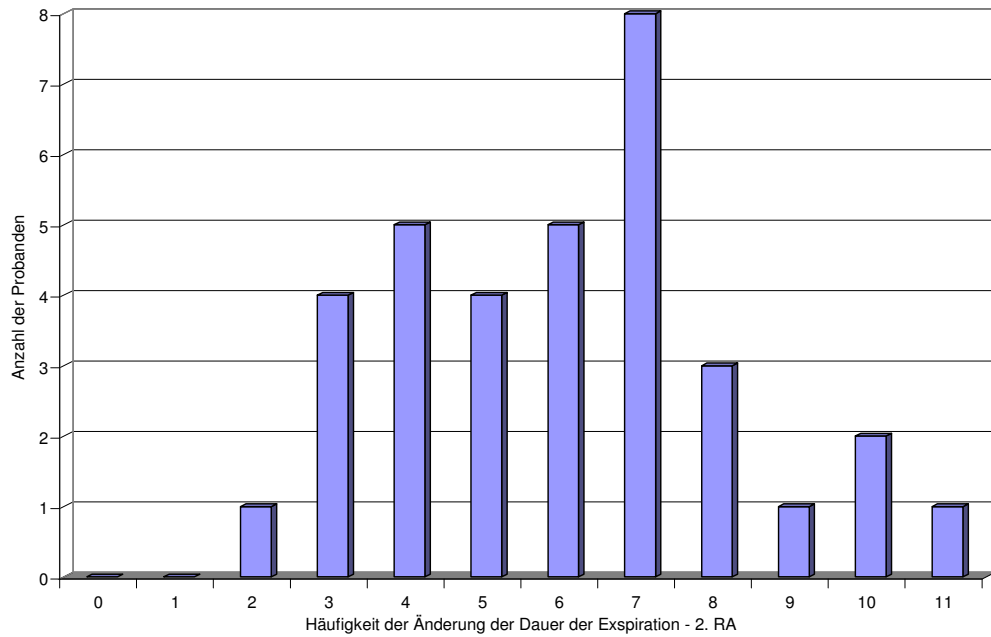


Abb. 23: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 1. RA

#### 4.3.5 Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration

Während des 2. Reizatemzugs erfolgte in 204 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 43,13 % entspricht.

Die Abbildung veranschaulicht die Verteilung dieser 204 Änderungen auf die 34 Probanden.

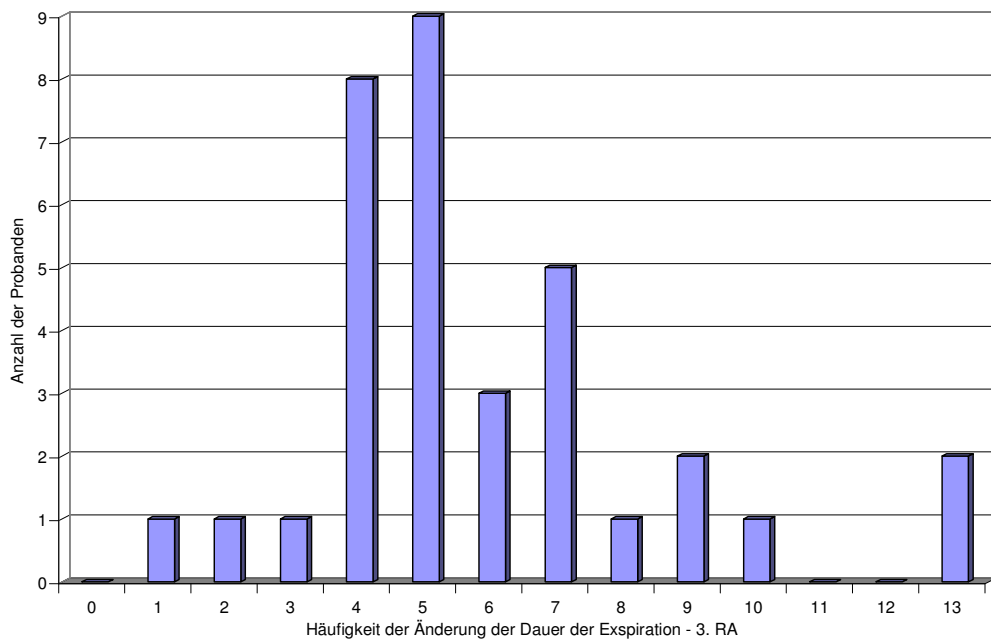


**Abb. 24:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exp. - 2. RA

### 4.3.6 Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration

Während des 3. Reizatemzugs erfolgte in 198 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 41,86 % entspricht.

Die Abbildung zeigt die Verteilung dieser 198 Änderungen auf die 34 Probanden.



**Abb. 25:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exp. - 3. RA

Zusammenfassung der Änderungen bei Schmeckreizgabe:

**Tab. 6:** Zusammenfassung der Änderungen bei Schmeckreizgabe

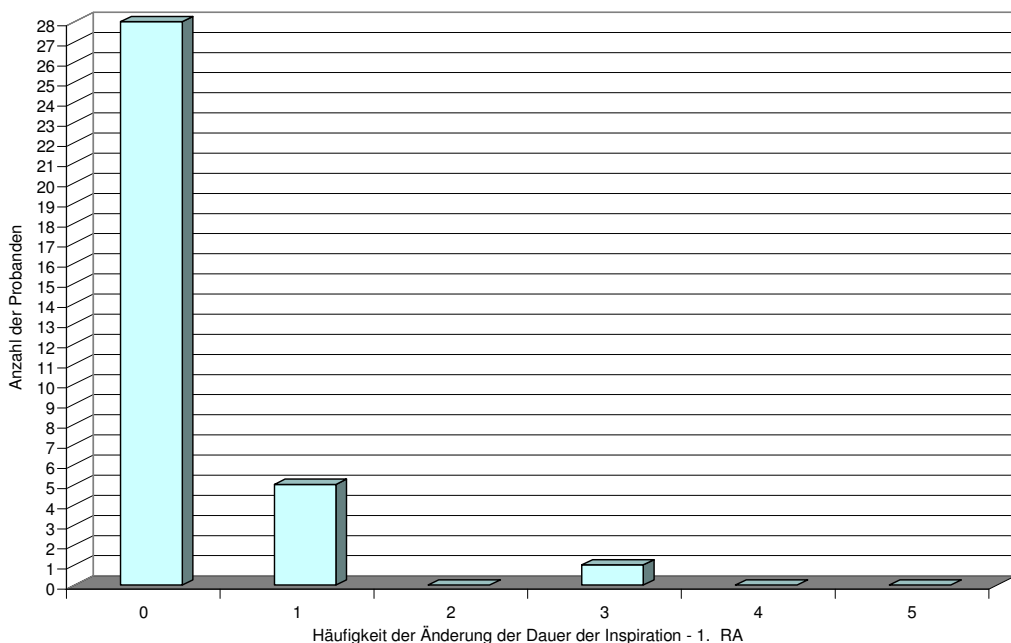
	<b>Dauer Insp.</b>	<b>Dauer Exsp.</b>
<b>1. Reizatemzug</b>	25,87% (134)	35,31% (167)
<b>2. Reizatemzug</b>	34,17% (177)	43,13% (204)
<b>3. Reizatemzug</b>	36,49% (189)	41,86% (198)

**4.3.7 Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser  
bezüglich der Dauer der Inspiration**

Von 170 möglichen Atemkomplexen mit Leerreizgabe war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration 134 mal geeignet. Nur diese 134 Atemkomplexe wurden bei der Betrachtung der Reizatmung berücksichtigt.

Von 134 möglichen Atemkomplexen erfolgte in 8 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration während des 1. Reizatemzugs, was 5,97 % entspricht. Da jedem Probanden 5 Leerreize mit Wasser appliziert wurden, konnte jeder 0 bis 5 Änderungen zur Gesamtzahl der Änderungen beitragen.

Im Diagramm ist die Verteilung der 8 erfolgten Änderungen auf die 34 Probanden dargestellt.

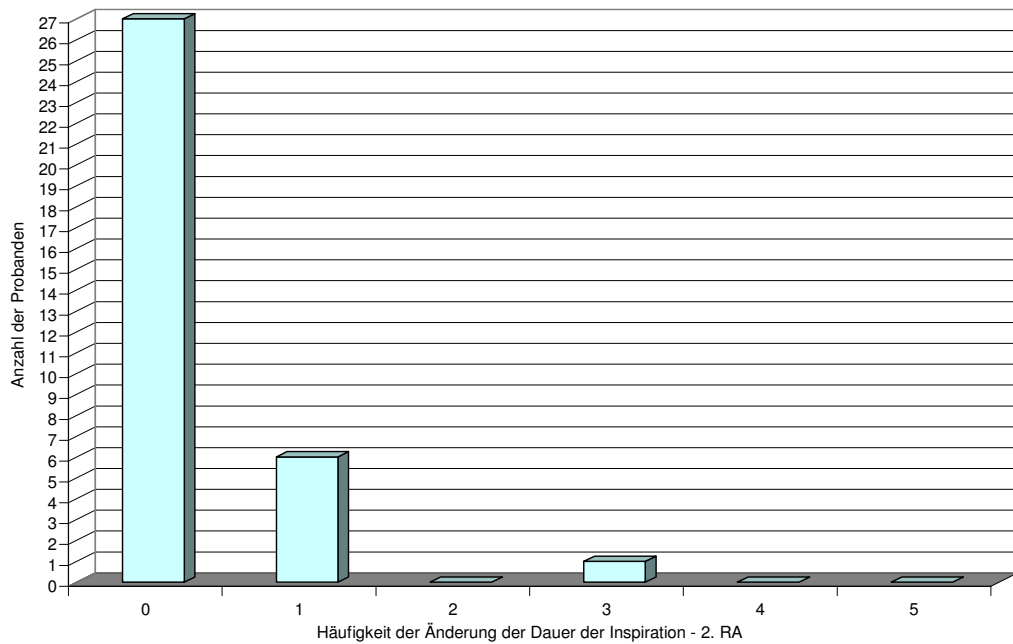


**Abb. 26:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 1. RA - Leerreiz

### 4.3.8 Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Inspiration

Während des 2. Reizatemzugs erfolgte in 9 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 6,72 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung dieser 9 Änderungen auf die 34 Probanden.



**Abb. 27:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 2. RA - Leerreiz

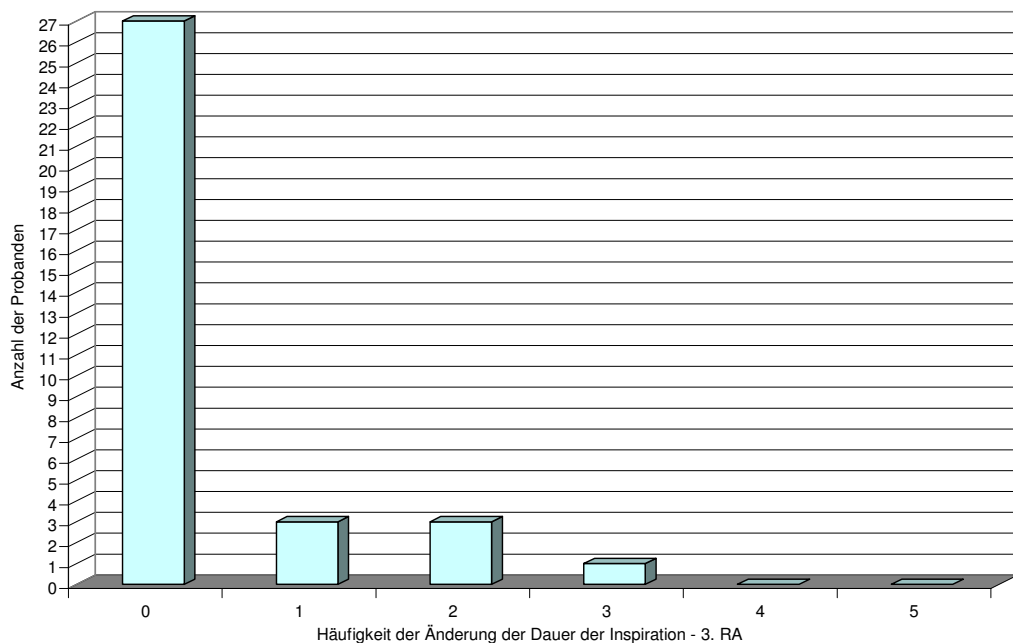
### 4.3.9 Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Inspiration

Während des 3. Reizatemzugs erfolgte in 12 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 8,96 % entspricht.

## 4 Ergebnisse

---

Folgende Abbildung zeigt die Verteilung dieser 12 Änderungen auf die 34 Probanden.



**Abb. 28:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 3. RA - Leerreiz

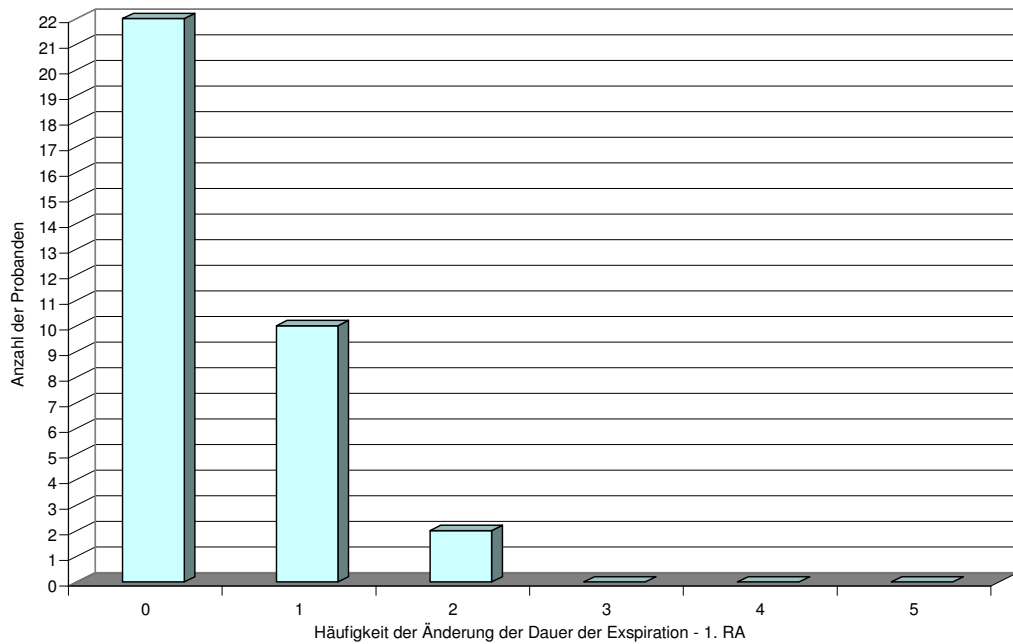
### 4.3.10 Betrachtung des 1. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Expiration

Von 170 möglichen Atemkomplexen mit Leerreizgabe war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Expiration 122 mal geeignet. Nur diese 122 Atemkomplexe wurden bei der Betrachtung der Reizatmung berücksichtigt.

Von 122 möglichen Atemkomplexen erfolgte in 14 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration während des 1. Reizatemzugs, was 11,48 % entspricht. Da jedem Probanden 5 Leerreize mit Wasser appliziert wurden, konnte jeder 0 bis 5 Änderungen zur Gesamtzahl der Änderungen beitragen.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung der erfolgten 14 Änderungen auf die 34 Probanden.

## 4 Ergebnisse

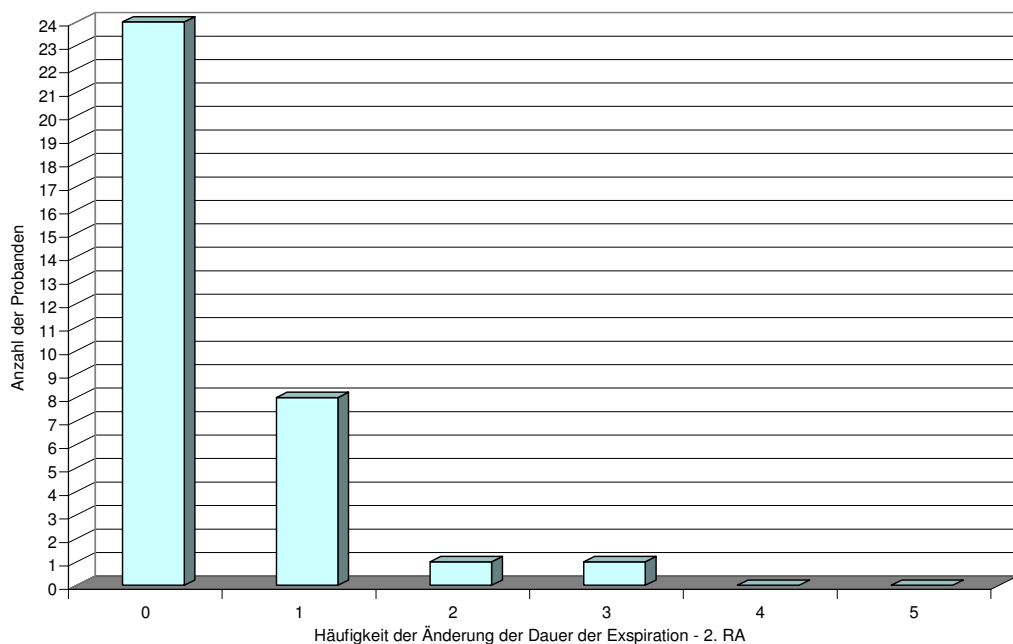


**Abb. 29:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exp. - 1. RA - Leerreiz

### 4.3.11 Betrachtung des 2. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Expiration

Während des 2. Reizatemzugs erfolgte in 13 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 10,66 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung dieser 13 Änderungen auf die 34 Probanden.

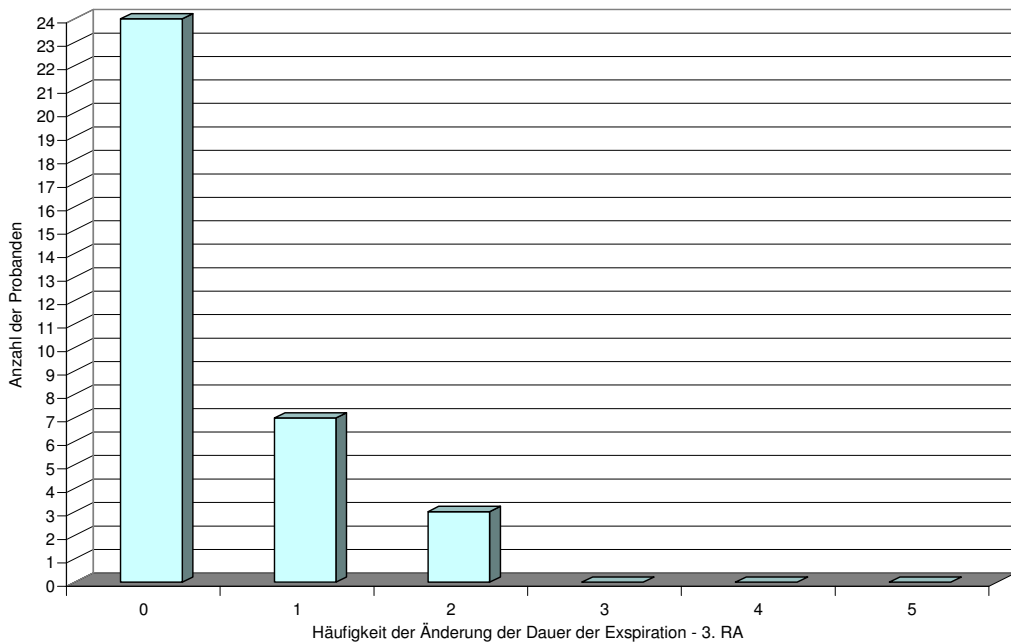


**Abb. 30:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exp. - 2. RA - Leerreiz

### 4.3.12 Betrachtung des 3. Reizatemzugs bei Leerreiz Wasser bezüglich der Dauer der Expiration

Während des 3. Reizatemzugs erfolgte in 13 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 10,66 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung dieser 13 Änderungen auf die 34 Probanden.



**Abb. 31:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 3. RA - Leerreiz

#### Zusammenfassung der Änderungen bei Leerreizgabe:

**Tab. 7:** Zusammenfassung der Änderungen bei Leerreizgabe

	<b>Dauer Insp.</b>	<b>Dauer Exsp.</b>
<b>1. Reizatemzug</b>	5,97% (8)	11,48% (14)
<b>2. Reizatemzug</b>	6,72% (9)	10,66% (13)
<b>3. Reizatemzug</b>	8,96% (12)	10,66% (13)

### 4.3.13 Betrachtung des 1. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Inspiration

Von 170 möglichen Atemkomplexen pro Schmeckqualität war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration für den Reiz süß 128 mal geeignet. Nur die geeigneten Atemkomplexe wurden bei der Betrachtung der Reizatmung berücksichtigt.

## 4 Ergebnisse

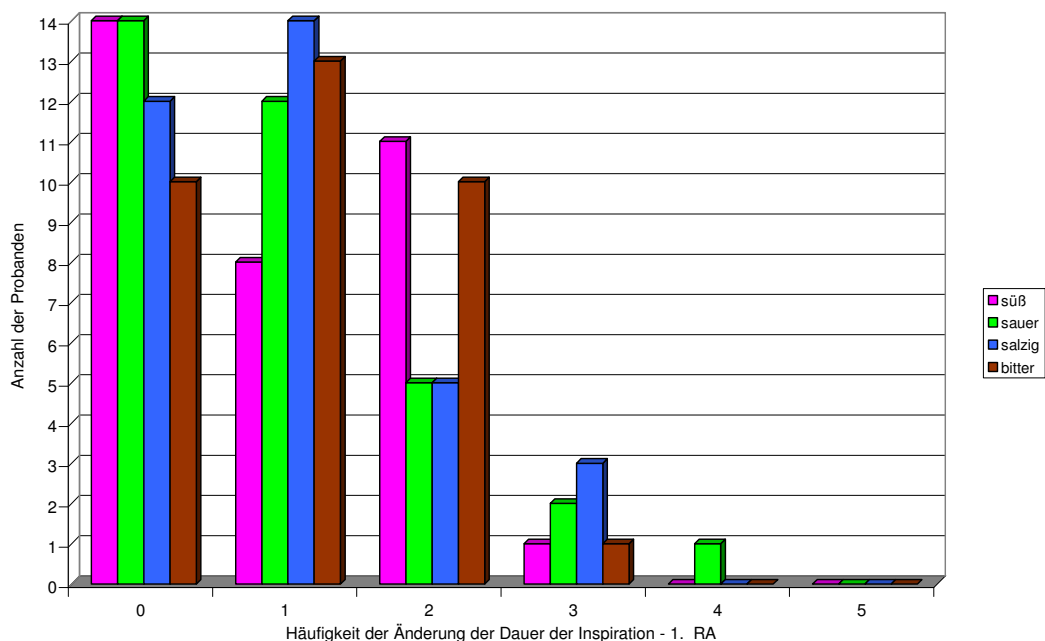
Von 128 möglichen Atemkomplexen erfolgte in 33 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration während des 1. Reizatemzugs, was 25,78 % entspricht.

Für den Reiz sauer war die Ruheatmung 130 mal geeignet, wobei in 32 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration erfolgte, was 24,62 % entspricht.

Für den Reiz salzig war die Ruheatmung 128 mal geeignet, wobei in 33 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration erfolgte, was 25,78 % entspricht.

Für den Reiz bitter war die Ruheatmung 132 mal geeignet, wobei in 36 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration erfolgte, was 27,27 % entspricht.

Die Abbildung veranschaulicht, wie sich die Änderungen pro Schmeckqualität auf die 34 Probanden verteilen. Jeder der 34 Probanden konnte, da pro Schmeckqualität 5 Reize appliziert wurden, zwischen 0 und 5 Änderungen zur Gesamtzahl der Änderungen beitragen.



**Abb. 32:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 1. RA - Qualitäten



#### 4.3.14 Betrachtung des 2. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Inspiration

Während des 2. Reizatemzugs erfolgte für den Reiz süß in 40 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 31,25 % entspricht.

Für den Reiz sauer erfolgte in 47 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 36,15 % entspricht.

Für den Reiz salzig erfolgte in 41 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 32,03 % entspricht.

Für den Reiz bitter erfolgte in 49 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 37,12 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung der Änderungen pro Schmeckqualität auf die 34 Probanden.

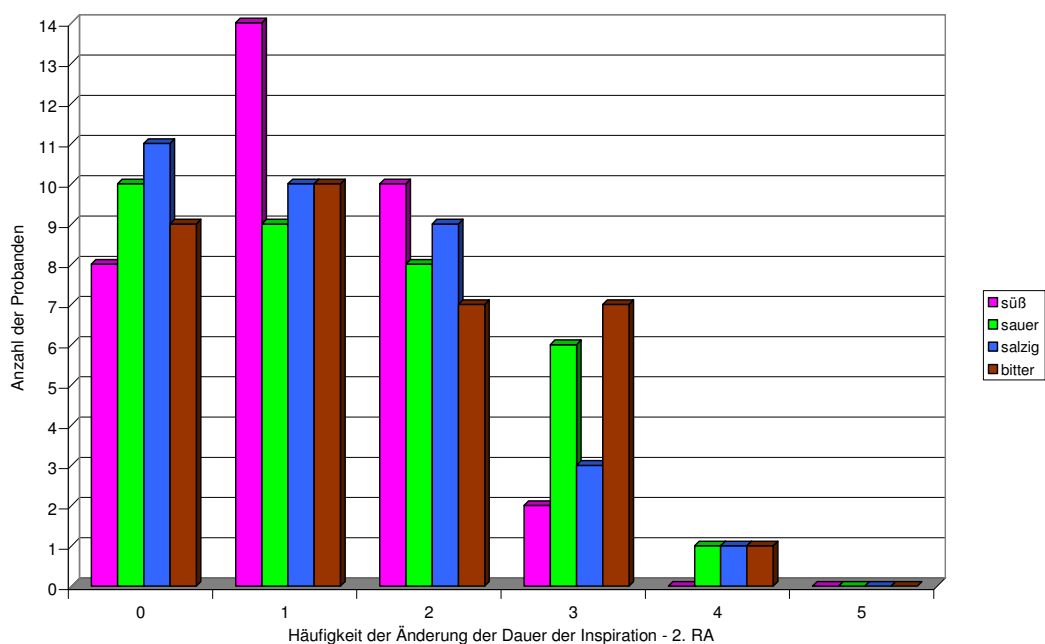


Abb. 33: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 2. RA - Qualitäten

#### 4.3.15 Betrachtung des 3. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Inspiration

Während des 3. Reizatemzugs erfolgte für den Reiz süß in 42 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 32,81 % entspricht.

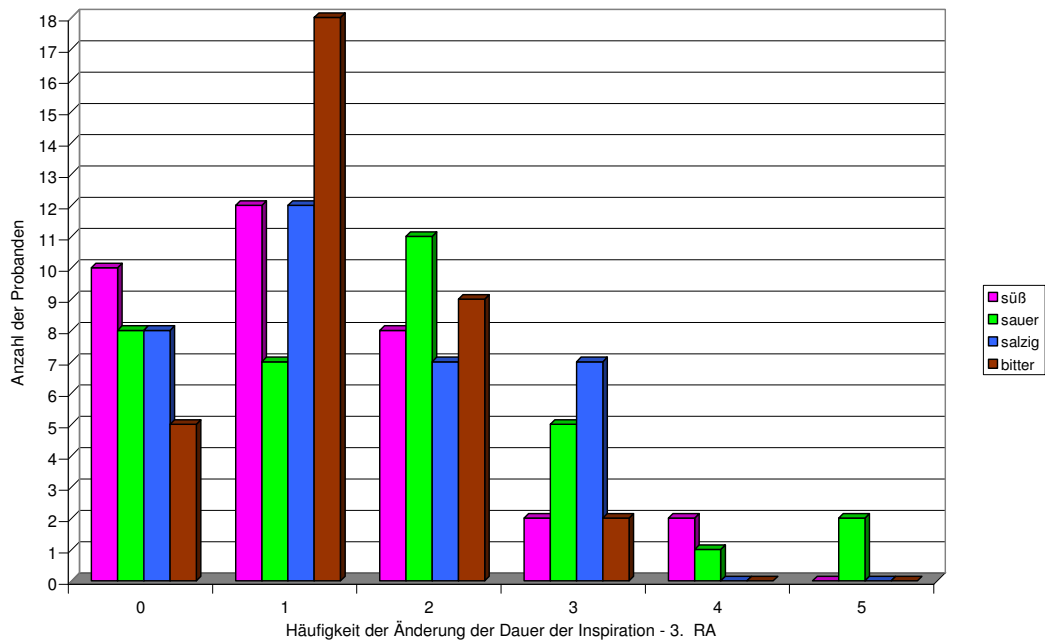
Für den Reiz sauer erfolgte in 58 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 44,62 % entspricht.

## 4 Ergebnisse

Für den Reiz salzig erfolgte in 47 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 36,72 % entspricht.

Für den Reiz bitter erfolgte in 42 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Inspiration, was 31,82 % entspricht.

Folgendes Diagramm zeigt die Verteilung der Änderungen pro Schmeckqualität auf die 34 Probanden.



**Abb. 34:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 3. RA - Qualitäten

### 4.3.16 Betrachtung des 1. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Expiration

Von 170 möglichen Atemkomplexen pro Schmeckreiz war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Expiration für den Reiz süß 120 mal geeignet. Nur die geeigneten Atemkomplexe wurden bei der Betrachtung der Reizatmung berücksichtigt.

Von 120 möglichen Atemkomplexen erfolgte in 40 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration während des 1. Reizatemzugs, was 33,33 % entspricht.

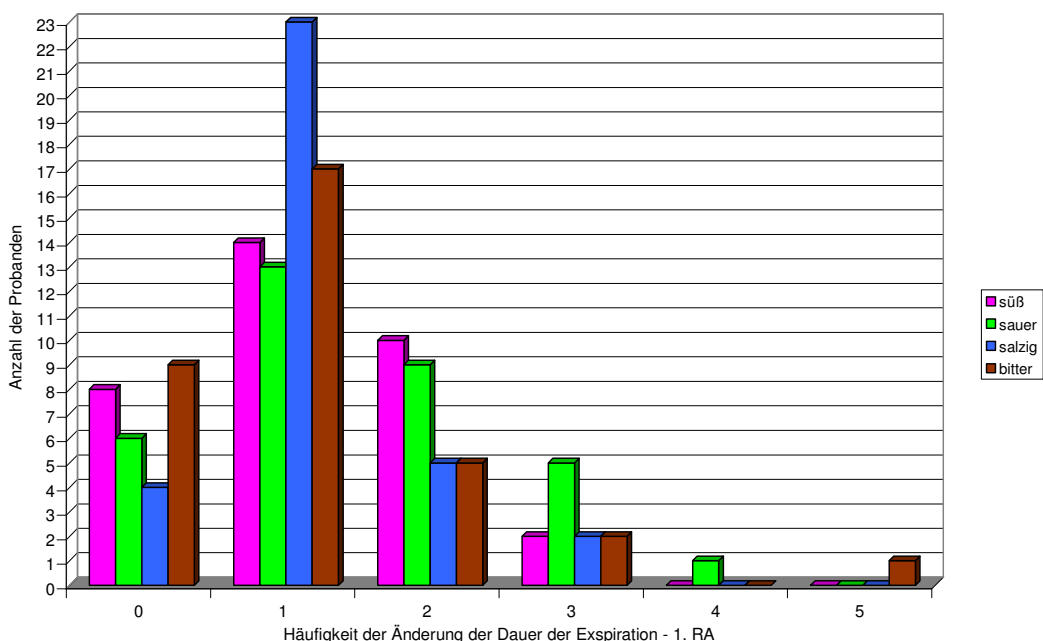
Für den Reiz sauer war die Ruheatmung 111 mal geeignet, wobei in 50 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration erfolgte, was 45,05 % entspricht.

## 4 Ergebnisse

Für den Reiz salzig war die Ruheatmung 114 mal geeignet, wobei in 39 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration erfolgte, was 34,21 % entspricht.

Für den Reiz bitter war die Ruheatmung 128 mal geeignet, wobei in 38 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration erfolgte, was 29,69 % entspricht.

Die Abbildung veranschaulicht die Verteilung der Änderungen pro Schmeckqualität auf die 34 Probanden, wobei jeder Proband pro Qualität 0 bis 5 Änderungen an der Gesamtsumme der Änderungen beitragen konnte.



**Abb. 35:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exp. - 1. RA - Qualitäten

### 4.3.17 Betrachtung des 2. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Expiration

Während des 2. Reizatemzugs erfolgte für den Reiz süß in 44 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 36,67 % entspricht.

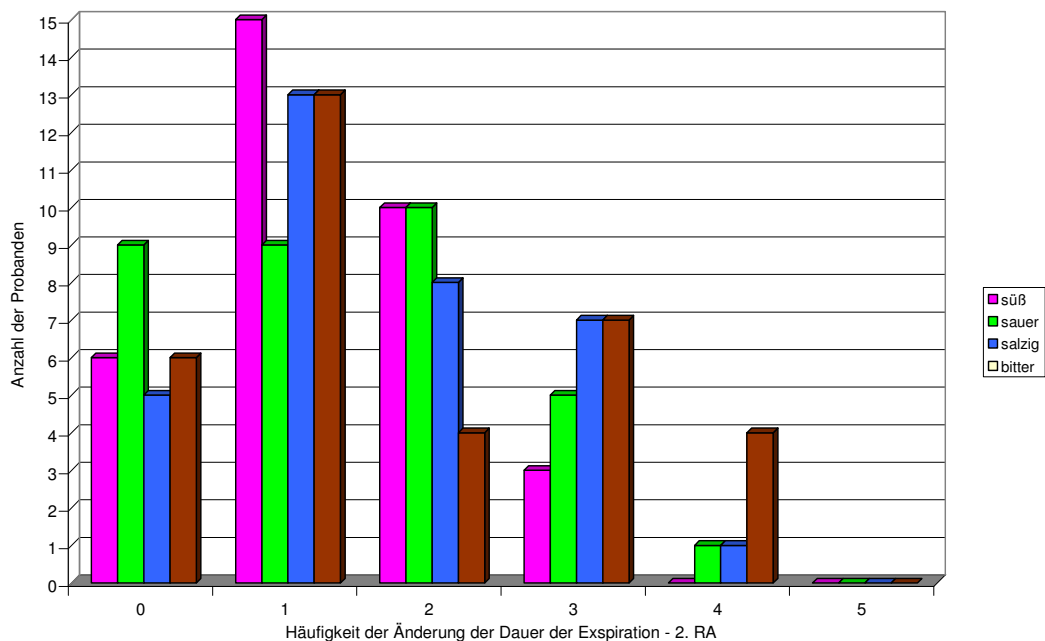
Für den Reiz sauer erfolgte in 48 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 43,24 % entspricht.

Für den Reiz salzig erfolgte in 54 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 47,37 % entspricht.

Für den Reiz bitter erfolgte in 58 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 45,31 % entspricht.

## 4 Ergebnisse

Im Diagramm ist die Verteilung der Änderungen pro Schmeckqualität auf die 34 Probanden dargestellt.



**Abb. 36:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 2. RA - Qualitäten

### 4.3.18 Betrachtung des 3. Reizatemzugs pro Schmeckqualität bezüglich der Dauer der Expiration

Während des 3. Reizatemzugs erfolgte für den Reiz süß in 52 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 43,33 % entspricht.

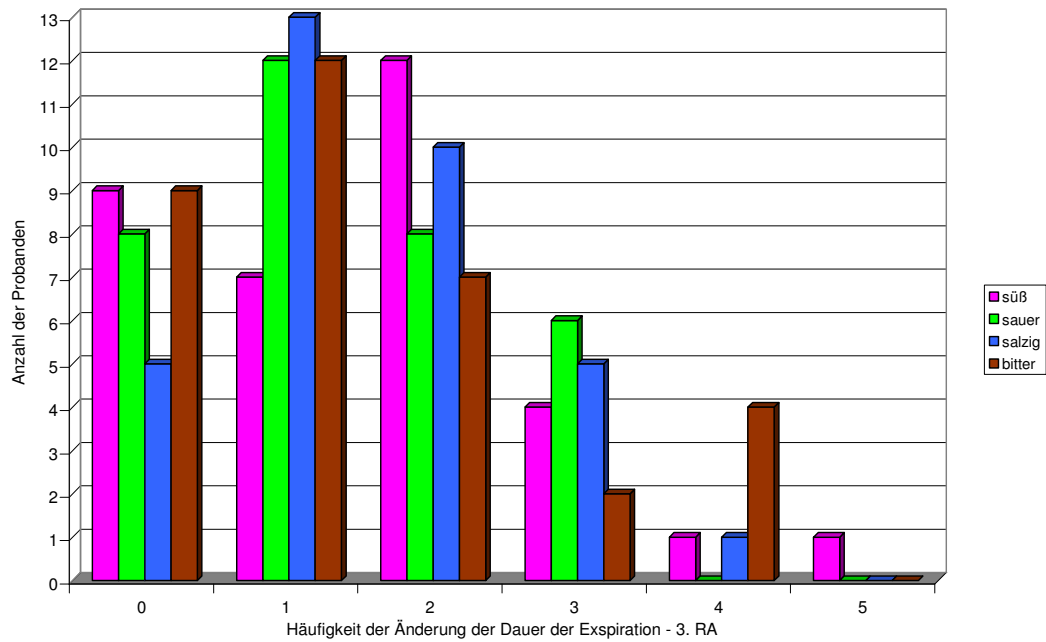
Für den Reiz sauer erfolgte in 46 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 41,44 % entspricht.

Für den Reiz salzig erfolgte in 52 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 45,61 % entspricht.

Für den Reiz bitter erfolgte in 48 Fällen eine signifikante Änderung der Dauer der Expiration, was 37,50 % entspricht.

Im Diagramm ist die Verteilung der Änderungen pro Schmeckqualität auf die 34 Probanden dargestellt.

## 4 Ergebnisse



**Abb. 37:** Häufigkeit der Änderung der Dauer Exp. - 3. RA - Qualitäten

### Zusammenfassung der Änderungen pro Schmeckqualität:

**Tab. 8:** Zusammenfassung der Änderungen pro Schmeckqualität

		Dauer Insp.	Dauer Exp.
<b>süß</b>	1. Reizatemzug	25,78% (33)	33,33% (40)
	2. Reizatemzug	31,25% (40)	36,67% (44)
	3. Reizatemzug	32,81% (42)	43,33% (52)
<b>sauer</b>	1. Reizatemzug	24,62% (32)	45,05% (50)
	2. Reizatemzug	36,15% (47)	43,24% (48)
	3. Reizatemzug	44,62% (58)	41,44% (46)
<b>salzig</b>	1. Reizatemzug	25,78% (33)	34,21% (39)
	2. Reizatemzug	32,03% (41)	47,37% (54)
	3. Reizatemzug	36,72% (47)	45,61% (52)
<b>bitter</b>	1. Reizatemzug	27,27% (36)	29,69% (38)
	2. Reizatemzug	37,12% (49)	45,31% (58)
	3. Reizatemzug	31,82% (42)	37,50% (48)

#### **4.4 Vergleich der Reaktionshäufigkeit pro Reizqualität**

Im folgenden Abschnitt wird jede signifikante Änderung der Dauer der Inspiration oder der Dauer der Expiration als Reaktion bezeichnet.

Es soll die Frage geklärt werden, ob die Probanden im 1., 2. oder 3. Reizatemzug bevorzugt reagiert haben. Dabei wurde nach Inspiration und Expiration unterschieden. Als erstes erfolgte die Betrachtung aller Schmeckqualitäten gemeinsam, dann getrennt.

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit erfolgte mit Chi-Quadrat-Tests. Als Signifikanzniveau wurde einheitlich  $\alpha = 0,05$  gewählt. War der durch das Statistikprogramm SPSS berechnete p-Wert (Chi-Quadrat nach Pearson, exakte Signifikanz 2-seitig) kleiner gleich  $\alpha$ , so bestand ein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit. War der berechnete p-Wert größer als  $\alpha$ , so lag kein signifikanter Unterschied vor.

Falls ein signifikanter Unterschied in der Reaktionswahrscheinlichkeit nachzuweisen war, so wurden folgende Paarvergleiche durchgeführt:

Reaktionshäufigkeit im 1. und 2. Reizatemzug, Inspiration

im 1. und 3. Reizatemzug, Inspiration

im 2. und 3. Reizatemzug, Inspiration

Reaktionshäufigkeit im 1. und 2. Reizatemzug, Expiration

im 1. und 3. Reizatemzug, Expiration

im 2. und 3. Reizatemzug, Expiration.

Außerdem wurde, ebenfalls mit Chi-Quadrat-Tests, pro Reizatemzug verglichen, ob sich die Reaktionshäufigkeit der Inspiration und Expiration signifikant unterschied.

Dabei wurden verglichen:

Reaktionshäufigkeit im 1. Reizatemzug Inspiration und Expiration

im 2. Reizatemzug Inspiration und Expiration

im 3. Reizatemzug Inspiration und Expiration.

#### 4.4.1 Vergleich der Reaktionshäufigkeit für Schmeckreizgabe

**Tab. 9:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Schmeckreiz

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Schmeckreiz</b>	1. RA Insp.	25,87% (134)	74,13% (384)	100% (518)
	2. RA Insp.	34,17% (177)	65,83% (341)	100% (518)
	3. RA Insp.	36,49% (189)	63,51% (329)	100% (518)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Inspiration lieferte mit einem p-Wert von 0,001 einen signifikanten Wert.

**Tab. 10:** Paarvergleich - Insp. - Schmeckreiz

Reizatemzug (Inspiration)	p-Wert	signifikant
1. und 2.	0,004	ja
1. und 3.	0,000	ja
2. und 3.	0,475	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der Anteil der Reaktionen im 2. und 3. Reizatemzug signifikant höher war als im 1. Reizatemzug, während der Unterschied in der Reaktionshäufigkeit zwischen 2. und 3. Reizatemzug statistisch nicht signifikant war.

**Tab. 11:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - Schmeckreiz

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Schmeckreiz</b>	1. RA Exsp.	35,31% (167)	64,69% (306)	100% (473)
	2. RA Exsp.	43,13% (204)	56,87% (269)	100% (473)
	3. RA Exsp.	41,86% (198)	58,14% (275)	100% (473)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Expiration lieferte mit einem p-Wert von 0,032 einen signifikanten Wert.

**Tab. 12:** Paarvergleich - Exsp. - Schmeckreiz

Reizatemzug (Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 2.	0,016	ja
1. und 3.	0,045	ja
2. und 3.	0,742	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der Anteil der Reaktionen im 2. und 3. Reizatemzug signifikant höher war als im 1. Reizatemzug, während der

## 4 Ergebnisse

---

Unterschied in der Reaktionshäufigkeit zwischen 2. und 3. Reizatemzug statistisch nicht signifikant war.

**Tab. 13:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - Schmeckreiz

<b>Reizatemzug (Inspiration - Expiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 1.	0,001	ja
2. und 2.	0,150	nein
3. und 3.	0,090	nein

Der Vergleich von Inspiration und Expiration zeigte, dass der Anteil der Reaktionen beim 1. Reizatemzug während der Expiration signifikant höher war als während der Inspiration. Im 2. und 3. Reizatemzug war das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration nicht signifikant.

### Zusammenfassung der Reaktionshäufigkeit:

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit zeigte, dass beim Parameter Dauer der Inspiration im 3. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Statistisch signifikant war das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Inspiration im 2. zum 1. und im 3. zum 1. Reizatemzug. Der Vergleich des 2. und 3. Reizatemzugs erbrachte keinen signifikanten Unterschied.

Der Parameter Dauer der Expiration wies im 2. Reizatemzug die meisten Reaktionen auf. Auch hier war das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration im 2. zum 1. und im 3. zum 1. Reizatemzug statistisch signifikant. Der Vergleich des 2. und 3. Reizatemzugs erbrachte keinen signifikanten Wert.

Die Dauer der Expiration war der Parameter, der mehr Reaktionen zeigte. Signifikant war nur das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration im 1. Reizatemzug.



#### 4.4.2 Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität süß

**Tab. 14:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - süß

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
süß	1. RA Insp.	25,78% (33)	74,22% (95)	100% (128)
	2. RA Insp.	31,25% (40)	68,75% (88)	100% (128)
	3. RA Insp.	32,81% (42)	67,19% (86)	100% (128)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Inspiration lieferte einen p-Wert von 0,451. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant.

**Tab. 15:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - süß

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
süß	1. RA Exsp.	33,33% (40)	66,67% (80)	100% (120)
	2. RA Exsp.	36,67% (44)	63,33% (76)	100% (120)
	3. RA Exsp.	43,33% (52)	56,67% (68)	100% (120)

Betrachtet man den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Expiration, so betrug der p-Wert 0,269. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit ebenfalls statistisch nicht signifikant.

**Tab. 16:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - süß

Reizatemzug (Inspiration - Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 1.	0,211	nein
2. und 2.	0,421	nein
3. und 3.	0,091	nein

Der Vergleich von Inspiration und Expiration zeigte, dass das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration statistisch nicht signifikant war.

### 4.4.3 Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität sauer

Tab. 17: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - sauer

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
sauer	1. RA Insp.	24,62% (32)	75,38% (98)	100% (130)
	2. RA Insp.	36,15% (47)	63,85% (83)	100% (130)
	3. RA Insp.	44,62% (58)	55,38% (72)	100% (130)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Inspiration lieferte mit einem p-Wert von 0,003 einen signifikanten Wert.

Tab. 18: Paarvergleich - Insp. - sauer

Reizatemzug (Inspiration)	p-Wert	signifikant
1. und 2.	0,059	nein
1. und 3.	0,001	ja
2. und 3.	0,206	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der Anteil der Reaktionen im 3. Reizatemzug signifikant höher war als im 1. Reizatemzug, während die anderen zu beobachtenden Unterschiede in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant waren.

Tab. 19: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - sauer

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
sauer	1. RA Exsp.	45,05% (50)	54,95% (61)	100% (111)
	2. RA Exsp.	43,24% (48)	56,78% (63)	100% (111)
	3. RA Exsp.	41,44% (46)	58,56% (65)	100% (111)

Betrachtet man den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Expiration, so betrug der p-Wert 0,878. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant.

Tab. 20: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - sauer

Reizatemzug (Inspiration - Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 1.	0,001	ja
2. und 2.	0,291	nein
3. und 3.	0,696	nein

Der Vergleich von Inspiration und Expiration zeigte, dass der Anteil der Reaktionen beim 1. Reizatemzug während der Expiration signifikant höher war als während der Inspiration. Im 2. und 3. Reizatemzug war das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration nicht signifikant.

#### 4.4.4 Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität salzig

**Tab. 21:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - salzig

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>salzig</b>	1. RA Insp.	25,78% (33)	74,22% (95)	100% (128)
	2. RA Insp.	32,03% (41)	67,97% (87)	100% (128)
	3. RA Insp.	36,72% (47)	63,28% (81)	100% (128)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Inspiration lieferte einen p-Wert von 0,177. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant.

**Tab. 22:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - salzig

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>salzig</b>	1. RA Exsp.	34,21% (39)	65,79% (75)	100% (114)
	2. RA Exsp.	47,37% (54)	52,63% (60)	100% (114)
	3. RA Exsp.	45,61% (52)	54,39% (62)	100% (114)

Betrachtet man den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Expiration, so betrug der p-Wert 0,093. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit ebenfalls statistisch nicht signifikant.

**Tab. 23:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - salzig

Reizatemzug (Inspiration - Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 1.	0,162	nein
2. und 2.	0,091	nein
3. und 3.	0,190	nein

Der Vergleich von Inspiration und Expiration zeigte, dass das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration statistisch nicht signifikant war.

#### 4.4.5 Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität bitter

**Tab. 24:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - bitter

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>bitter</b>	1. RA Insp.	27,27% (36)	72,73% (96)	100% (132)
	2. RA Insp.	37,12% (49)	62,88% (83)	100% (132)
	3. RA Insp.	31,82% (42)	68,18% (90)	100% (132)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Inspiration lieferte einen p-Wert von 0,239. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant.

**Tab. 25:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - bitter

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>bitter</b>	1. RA Exsp.	29,69% (38)	70,31% (90)	100% (128)
	2. RA Exsp.	45,31% (58)	54,69% (70)	100% (128)
	3. RA Exsp.	37,50% (48)	62,50% (80)	100% (128)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Expiration lieferte mit einem p-Wert von 0,036 einen signifikanten Wert.

**Tab. 26:** Paarvergleich - Exsp. - bitter

Reizatemzug (Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 2.	0,014	ja
1. und 3.	0,234	nein
2. und 3.	0,253	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der Anteil der Reaktionen im 2. Reizatemzug signifikant höher war als im 1. Reizatemzug, während die anderen zu beobachtenden Unterschiede in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant waren.

**Tab. 27:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - bitter

Reizatemzug (Inspiration - Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 1.	0,682	nein
2. und 2.	0,208	nein
3. und 3.	0,363	nein

Der Vergleich von Inspiration und Expiration zeigte, dass das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration statistisch nicht signifikant war.

#### 4.4.6 Vergleich der Reaktionshäufigkeit für den Leerreiz Wasser

**Tab. 28:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Wasser

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Wasser</b>	1. RA Insp.	5,97% (8)	94,03% (126)	100% (134)
	2. RA Insp.	6,72% (9)	93,28% (125)	100% (134)
	3. RA Insp.	8,96% (12)	91,04% (122)	100% (134)

Der Chi-Quadrat-Test für den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Inspiration lieferte einen p-Wert von 0,695. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit statistisch nicht signifikant.

**Tab. 29:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - Wasser

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Wasser</b>	1. RA Exsp.	11,48% (14)	88,52% (108)	100% (122)
	2. RA Exsp.	10,66% (13)	89,34% (109)	100% (122)
	3. RA Exsp.	10,66% (13)	89,34% (109)	100% (122)

Betrachtet man den Vergleich der Reaktionshäufigkeit bezüglich der Dauer der Expiration, so betrug der p-Wert 1,000. Damit war der zwischen 1., 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Reaktionshäufigkeit ebenfalls statistisch nicht signifikant.

**Tab. 30:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - Wasser

Reizatemzug (Inspiration - Expiration)	p-Wert	signifikant
1. und 1.	0,125	nein
2. und 2.	0,275	nein
3. und 3.	0,678	nein

Der Vergleich von Inspiration und Expiration zeigte, dass das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Expiration statistisch nicht signifikant war.

### Zusammenfassung der Vergleiche der Reaktionshäufigkeiten:

#### *Süß:*

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit zeigte, dass sowohl bezüglich der Dauer der Inspiration als auch der Expiration im 3. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Außerdem war die Dauer der Expiration der Parameter, der mehr Reaktionen zeigte. Die statistische Betrachtung lieferte keine Signifikanz.

#### *Sauer:*

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit zeigte, dass sich die Dauer der Inspiration während des 3. Reizatemzugs am häufigsten änderte, während die Dauer der Expiration während des 1. Reizatemzugs die meisten Änderungen aufwies. Statistisch signifikant war hier das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Inspiration im 3. zum 1. Reizatemzug.

Im 1. und 2. Reizatemzug änderte sich die Dauer der Expiration stärker als die Dauer der Inspiration. Im 3. Reizatemzug überwogen die Änderungen der Dauer der Inspiration. Signifikant war hier nur das Überwiegen der Änderungen der Expiration im 1. Reizatemzug.

#### *Salzig:*

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit zeigte, dass bezüglich der Dauer der Inspiration im 3. Reizatemzug und bezüglich der Expiration im 2. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Die Dauer der Expiration änderte sich in allen drei Reizatemzügen häufiger. Die statistische Betrachtung lieferte keine Signifikanz.

#### *Bitter:*

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit zeigte, dass sowohl bezüglich der Dauer der Inspiration als auch der Expiration im 2. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Die Dauer der Expiration änderte sich in allen drei Reizatemzügen häufiger. Signifikant war hier nur das Überwiegen der Änderungen der Expiration im 2. Reizatemzug zum 1. Reizatemzug.

*Wasser:*

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit zeigte, dass bezüglich der Dauer der Inspiration im 3. Reizatemzug und bezüglich der Expiration im 1. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Die Dauer der Expiration änderte sich in allen drei Reizatemzügen häufiger. Die statistische Betrachtung lieferte keine Signifikanz.

#### **4.5 Vergleich der Reaktionshäufigkeit der Schmeckqualitäten miteinander und mit Wasser**

Im folgenden Abschnitt wird jede Änderung der Dauer der Inspiration oder der Expiration als Reaktion bezeichnet. Dabei soll die Frage geklärt werden, ob die Probanden auf jede Schmeckqualität gleich häufig reagiert haben.

Durch Chi-Quadrat-Tests wurden die Reaktionshäufigkeiten der Schmeckrichtungen süß, sauer, salzig und bitter miteinander verglichen. Anschließend wurden die Leerreize mit Wasser in den Vergleich einbezogen. Zeigte sich hier ein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit, so wurde durch Paarvergleiche herausgearbeitet, ob dieser Unterschied zwischen jeder Schmeckrichtung und Wasser bestand. Als Signifikanzniveau wurde einheitlich  $\alpha = 0,05$  gewählt.

##### **4.5.1 Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 1. Reizatemzug Inspiration**

**Tab. 31:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 1. RA - Insp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Reiz</b>	süß	25,78% (33)	74,22% (95)	100% (128)
	sauer	24,62% (32)	75,38% (98)	100% (130)
	salzig	25,78% (33)	74,22% (95)	100% (128)
	bitter	27,27% (36)	72,73% (96)	100% (132)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,937.

Damit lag kein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit vor. Die Probanden haben im 1. Reizatemzug bezüglich der Inspiration auf keine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

## 4 Ergebnisse

Betrachtet man denselben Vergleich zusätzlich mit Wasser, so war ein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit nachweisbar (p-Wert 0,000).

**Tab. 32:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 1. RA - Insp.

	Reaktion		gesamt
	ja	nein	
<b>Wasser</b>	5,97% (8)	94,03% (126)	100% (134)

Paarvergleiche zeigten, dass bei jeder einzelnen Schmeckqualität signifikant mehr Reaktionen als nach einem Leerreiz mit Wasser auftraten.

**Tab. 33:** Paarvergleiche - Schmeckreiz und Wasser - 1. RA - Insp.

Vergleich der Reaktionshäufigkeit	p-Wert	signifikant
süß - Wasser	0,000	ja
sauer - Wasser	0,000	ja
salzig - Wasser	0,000	ja
bitter - Wasser	0,000	ja

### 4.5.2 Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 1. Reizatemzug Expiration

**Tab. 34:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 1. RA - Exsp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Reiz</b>	süß	33,33% (40)	66,67% (80)	100% (120)
	sauer	45,05% (50)	54,95% (61)	100% (111)
	salzig	34,21% (39)	65,79% (75)	100% (114)
	bitter	29,69% (38)	70,31% (90)	100% (128)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,084.

Damit lag kein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit vor. Die Probanden haben im 1. Reizatemzug bezüglich der Expiration auf keine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

Betrachtet man denselben Vergleich zusätzlich mit Wasser, so war ein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit nachweisbar (p-Wert 0,000).

**Tab. 35:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 1. RA - Exsp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Wasser</b>		11,48% (14)	88,52% (108)	100% (122)



Paarvergleiche zeigten, dass bei jeder einzelnen Schmeckqualität signifikant mehr Reaktionen als nach einem Leerreiz mit Wasser auftraten.

**Tab. 36:** Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 1. RA - Exsp.

Vergleich der Reaktionshäufigkeit	p-Wert	signifikant
süß - Wasser	0,000	ja
sauer - Wasser	0,000	ja
salzig - Wasser	0,000	ja
bitter - Wasser	0,001	ja

### 4.5.3 Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 2. Reizatemzug Inspiration

**Tab. 37:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 2. RA - Insp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Reiz</b>	süß	31,25% (40)	68,75% (88)	100% (128)
	sauer	36,15% (47)	63,85% (83)	100% (130)
	salzig	32,03% (41)	67,97% (87)	100% (128)
	bitter	37,12% (49)	62,88% (83)	100% (132)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,690.

Damit lag kein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit vor. Die Probanden haben im 2. Reizatemzug bezüglich der Inspiration auf keine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

Betrachtet man denselben Vergleich zusätzlich mit Wasser, so war ein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit nachweisbar (p-Wert 0,000).

**Tab. 38:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Insp.

	Reaktion		gesamt
	ja	nein	
<b>Wasser</b>	6,72% (9)	93,28% (125)	100% (134)

Paarvergleiche zeigten, dass bei jeder einzelnen Schmeckqualität signifikant mehr Reaktionen als nach einem Leerreiz mit Wasser auftraten.

**Tab. 39:** Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Insp.

Vergleich der Reaktionshäufigkeit	p-Wert	signifikant
süß - Wasser	0,000	ja
sauer - Wasser	0,000	ja
salzig - Wasser	0,000	ja
bitter - Wasser	0,000	ja

#### 4.5.4 Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 2. Reizatemzug Expiration

**Tab. 40:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 2. RA - Exsp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Reiz</b>	süß	36,67% (44)	63,33% (76)	100% (120)
	sauer	43,24% (48)	56,76% (63)	100% (111)
	salzig	47,37% (54)	52,63% (60)	100% (114)
	bitter	45,31% (58)	54,69% (70)	100% (128)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,373.

Damit lag kein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit vor. Die Probanden haben im 2. Reizatemzug bezüglich der Expiration auf keine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

Betrachtet man denselben Vergleich zusätzlich mit Wasser, so war ein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit nachweisbar (p-Wert 0,000).

**Tab. 41:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Exsp.

	Reaktion		gesamt
	ja	nein	
<b>Wasser</b>	10,66% (13)	89,34% (109)	100% (122)

Paarvergleiche zeigten, dass bei jeder einzelnen Schmeckqualität signifikant mehr Reaktionen als nach einem Leerreiz mit Wasser auftraten.

**Tab. 42:** Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Exsp.

Vergleich der Reaktionshäufigkeit	p-Wert	signifikant
süß - Wasser	0,000	ja
sauer - Wasser	0,000	ja
salzig - Wasser	0,000	ja
bitter - Wasser	0,000	ja

### 4.5.5 Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 3. Reizatemzug Inspiration

**Tab. 43:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 3. RA - Insp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Reiz</b>	süß	32,81% (42)	67,19% (86)	100% (128)
	sauer	44,62% (58)	55,38% (72)	100% (130)
	salzig	36,72% (47)	63,28% (81)	100% (128)
	bitter	31,82% (42)	68,18% (90)	100% (132)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,128.

Damit lag kein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit vor. Die Probanden haben im 3. Reizatemzug bezüglich der Inspiration auf keine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

Betrachtet man denselben Vergleich zusätzlich mit Wasser, so war ein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit nachweisbar (p-Wert 0,000).

**Tab. 44:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Insp.

	Reaktion		gesamt
	ja	nein	
<b>Wasser</b>	8,92% (12)	91,08% (122)	100% (134)

Paarvergleiche zeigten, dass bei jeder einzelnen Schmeckqualität signifikant mehr Reaktionen als nach einem Leerreiz mit Wasser auftraten.

**Tab. 45:** Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Insp.

Vergleich der Reaktionshäufigkeit	p-Wert	signifikant
süß - Wasser	0,000	ja
sauer - Wasser	0,000	ja
salzig - Wasser	0,000	ja
bitter - Wasser	0,000	ja

#### 4.5.6 Vergleich der Reaktionshäufigkeit im 3. Reizatemzug Expiration

**Tab. 46:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 3. RA - Exsp.

		Reaktion		gesamt
		ja	nein	
<b>Reiz</b>	süß	43,33% (52)	56,67% (68)	100% (120)
	sauer	41,44% (46)	58,56% (65)	100% (111)
	salzig	45,61% (52)	54,39% (62)	100% (114)
	bitter	37,50% (48)	62,50% (80)	100% (128)

Der Chi-Quadrat-Test lieferte einen p-Wert von 0,624.

Damit lag kein statistisch signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit vor. Die Probanden haben im 3. Reizatemzug bezüglich der Expiration auf keine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

Betrachtet man denselben Vergleich zusätzlich mit Wasser, so war ein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit nachweisbar (p-Wert 0,000).

**Tab. 47:** Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Exsp.

	Reaktion		gesamt
	ja	nein	
<b>Wasser</b>	10,66% (13)	89,34% (109)	100% (122)

Paarvergleiche zeigten, dass bei jeder einzelnen Schmeckqualität signifikant mehr Reaktionen als nach einem Leerreiz mit Wasser auftraten.

**Tab. 48:** Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Exsp.

Vergleich der Reaktionshäufigkeit	p-Wert	signifikant
süß - Wasser	0,000	ja
sauer - Wasser	0,000	ja
salzig - Wasser	0,000	ja
bitter - Wasser	0,000	ja

#### Zusammenfassung:

Vergleicht man mit dem Chi-Quadrat-Test die Reaktionshäufigkeiten, so gilt sowohl für die Dauer der Inspiration als auch für die Dauer der Expiration: Der Vergleich der Reaktionshäufigkeiten für die Schmeckreize süß, sauer, salzig und bitter ergab keinen statistisch signifikanter Unterschied. Die

Probanden haben also in keinem der Reizatemzüge auf eine Schmeckqualität bevorzugt reagiert.

Im 1., 2. und 3. Reizatemzug gab es dagegen einen statistisch signifikanten Unterschied in den Reaktionshäufigkeiten nach einem Schmeckreiz im Vergleich zu einem Wasserreiz. Mit einer exakten Signifikanz (2-seitig) von jeweils 0,000 erfolgen signifikant mehr Reaktionen auf einen Schmeckreiz.

Die Paarvergleiche „süß - Wasser“, „sauer - Wasser“, „salzig - Wasser“, „bitter - Wasser“ ergaben jeweils einen statistisch signifikanten höheren Reaktionsanteil nach Schmeckreizapplikation.

### ***4.6 Beurteilung der Qualität der Atmungsänderungen bei Schmeckreizgabe***

Bei der folgenden Betrachtung wurden nur die Atemkomplexe berücksichtigt, die sowohl eine regelmäßige Ruheatmung als auch eine Reaktion auf die Schmeckreizapplikation im Sinne einer Änderung der Parameter Dauer der Expiration oder Dauer der Inspiration zeigten.

Um die Qualität der Atmungsänderung beurteilen zu können, wurde der Mittelwert der Ruheatmung aus 5 Ruheatemzügen gebildet. Dies geschah für die Parameter Dauer der Inspiration und Dauer der Expiration getrennt. Als Verlängerung der Dauer der Inspiration bzw. der Expiration wurde definiert, wenn der Wert des jeweiligen Reizatemzugs größer als der Mittelwert war. Falls der Wert des Reizatemzugs kleiner als der Mittelwert war, so wurde dies als Verkürzung gewertet.

Mit Chi-Quadrat-Tests wurden 1., 2. und 3. Reizatemzug auf signifikante Unterschiede in der Verteilung der Verlängerungen und Verkürzungen untersucht. Als Signifikanzniveau wurde einheitlich  $\alpha = 0,05$  gewählt.

#### **4.6.1 Betrachtung des Parameters Dauer der Inspiration bei Schmeckreizgabe**

Von 680 Atemkomplexen mit Schmeckreizgabe war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration 518 mal geeignet. Diese geeigneten Atemkomplexe wurden bereits auf eine Änderung hin untersucht. Nun soll die Qualität der Änderung erfasst werden:

**Tab. 49:** Qualität der Atmungsänderung - Dauer Insp.

	<b>Änderung Dauer Insp.</b>	<b>Verlängerung Dauer Insp.</b>	<b>Verkürzung Dauer Insp.</b>
<b>1. Reizatemzug</b>	134	51,49% (69)	48,51% (65)
<b>2. Reizatemzug</b>	177	24,86% (44)	75,14% (133)
<b>3. Reizatemzug</b>	189	39,15% (74)	60,85% (115)

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Inspiration um 2,98 Prozentpunkte, während am deutlichsten beim 2. Reizatemzug mit 50,28 Prozentpunkten Unterschied und beim 3. Reizatemzug mit 21,70 Prozentpunkten Unterschied die Verkürzungen der Dauer der Inspiration überwogen.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Inspiration signifikant unterschieden (p-Wert = 0,000).

**Tab. 50:** Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Insp. - Schmeckreiz

<b>Reizatemzug (Inspiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 2.	0,000	ja
1. und 3.	0,031	ja
2. und 3.	0,004	ja

Der Paarvergleich ergab, dass der 2. Reizatemzug signifikant mehr Verkürzungen aufwies als der 1. und 3. Reizatemzug. Auch der 3. Reizatemzug wies signifikant mehr Verkürzungen als der 1. Reizatemzug auf.

#### **4.6.2 Betrachtung des Parameters Dauer der Expiration bei Schmeckreizgabe**

Von 680 Atemkomplexen mit Schmeckreizgabe war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Expiration 473 mal geeignet.

**Tab. 51:** Qualität der Atmungsänderung - Dauer Exsp.

	<b>Änderung Dauer Exsp.</b>	<b>Verlängerung Dauer Exsp.</b>	<b>Verkürzung Dauer Exsp.</b>
<b>1. Reizatemzug</b>	167	59,28% (99)	40,72% (68)
<b>2. Reizatemzug</b>	204	27,94% (57)	72,06% (147)
<b>3. Reizatemzug</b>	198	34,34% (68)	65,66% (130)

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Expiration um 18,56 Prozentpunkte, während beim 2. Reizatemzug mit 44,12 Prozentpunkten Unterschied und beim 3. Reizatemzug mit 31,32

## 4 Ergebnisse

---

Prozentpunkten Unterschied die Verkürzungen der Dauer der Expiration deutlich überwogen.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Expiration signifikant unterschieden (p-Wert = 0,000).

**Tab. 52:** Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - Schmeckreiz

<b>Reizatemzug (Expiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 2.	0,000	ja
1. und 3.	0,000	ja
2. und 3.	0,196	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der 2. Reizatemzug signifikant mehr Verkürzungen aufwies als der 1. Reizatemzug. Auch der 3. Reizatemzug wies signifikant mehr Verkürzungen als der 1. Reizatemzug auf. Der zwischen 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Anzahl der Verkürzungen war nicht signifikant.

### Zusammenfassung:

Im 1. Reizatemzug nach dem Schmeckreiz verlängerten die Probanden sowohl die Dauer der Inspiration als auch die Dauer der Expiration, was einer Abnahme der Atemfrequenz entspricht. Im 2. und 3. Reizatemzug neigten sie dagegen zu einer Verkürzung der Inspirations- und Expirationsdauer, was als Atemfrequenzzunahme gedeutet werden kann.

### 4.6.3 Betrachtung des Parameters Dauer der Inspiration pro Schmeckqualität

Von 170 Atemkomplexen pro Schmeckqualität war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration für den Reiz süß 128 mal, für sauer 130 mal, für salzig 128 mal und für bitter 132 mal geeignet.

**Tab. 53:** Qualität der Atmungsänderung - Dauer Insp. - Schmeckqualitäten

		<b>Änderung Dauer Insp.</b>	<b>Verlängerung Dauer Insp.</b>	<b>Verkürzung Dauer Insp.</b>
<b>süß</b>	1. Reizatemzug	33	48,48% (16)	51,52% (17)
	2. Reizatemzug	40	30,00% (12)	70,00% (28)
	3. Reizatemzug	42	42,86% (18)	57,14% (24)
<b>sauer</b>	1. Reizatemzug	32	46,88% (15)	53,12% (17)
	2. Reizatemzug	47	27,66% (13)	72,34% (34)
	3. Reizatemzug	58	44,83% (26)	55,17% (32)
<b>salzig</b>	1. Reizatemzug	33	57,58% (19)	42,42% (14)
	2. Reizatemzug	41	12,20% (5)	87,80% (36)
	3. Reizatemzug	47	29,79% (14)	70,21% (33)
<b>bitter</b>	1. Reizatemzug	36	52,78% (19)	47,22% (17)
	2. Reizatemzug	49	28,57% (14)	71,43% (35)
	3. Reizatemzug	42	38,10% (16)	61,90% (26)

#### Süß:

Im 1., 2., und 3. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen der Dauer der Inspiration. Beim 1. Reizatemzug betrug der Unterschied 3,04 Prozentpunkte, beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 40 Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten und beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 14,28 Prozentpunkte.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Inspiration nicht signifikant unterschieden (p-Wert = 0,247).

#### Sauer:

Im 1., 2., und 3. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen der Dauer der Inspiration. Beim 1. Reizatemzug betrug der Unterschied 6,24 Prozentpunkte, beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 44,68



## 4 Ergebnisse

---

Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten und beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 10,34 Prozentpunkte.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Inspiration nicht signifikant unterschieden (p-Wert = 0,129).

### Salzig:

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Inspiration um 15,16 Prozentpunkte. Im 2. und 3. Reizatemzug überwogen dagegen die Verkürzungen der Dauer der Inspiration. Beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 75,60 Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten. Beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 40,42 Prozentpunkte.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Inspiration signifikant unterschieden (p-Wert = 0,000).

**Tab. 54:** Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Insp. - salzig

<b>Reizatemzug (Inspiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 2.	0,000	ja
1. und 3.	0,021	ja
2. und 3.	0,068	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der 2. Reizatemzug signifikant mehr Verkürzungen aufwies als der 1. Reizatemzug. Auch der 3. Reizatemzug wies signifikant mehr Verkürzungen als der 1. Reizatemzug auf. Der zwischen 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Anzahl der Verkürzungen war nicht signifikant.

### Bitter:

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Inspiration um 5,56 Prozentpunkte. Im 2. und 3. Reizatemzug überwogen dagegen die Verkürzungen der Dauer der Inspiration. Beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 42,86 Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten. Beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 23,80 Prozentpunkte.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Inspiration nicht signifikant unterschieden (p-Wert = 0,076).

#### 4.6.4 Betrachtung des Parameters Dauer der Expiration pro Schmeckqualität

Von 170 Atemkomplexen pro Schmeckqualität war die Ruheatmung bezüglich des Parameters Dauer der Expiration für den Reiz süß 120 mal geeignet, für sauer 111 mal, für salzig 114 mal und für bitter 128 mal.

**Tab. 55:** Qualität der Atmungsänderung - Dauer Exsp. - Schmeckqualitäten

		<b>Änderung Dauer Exsp.</b>	<b>Verlängerung Dauer Exsp.</b>	<b>Verkürzung Dauer Exsp.</b>
<b>süß</b>	1. Reizatemzug	40	52,50% (21)	47,50% (19)
	2. Reizatemzug	44	34,09% (15)	65,91% (29)
	3. Reizatemzug	52	42,31% (22)	57,69% (30)
<b>sauer</b>	1. Reizatemzug	50	66,00% (33)	34,00% (17)
	2. Reizatemzug	48	29,17% (14)	70,83% (34)
	3. Reizatemzug	46	32,61% (15)	67,39% (31)
<b>salzig</b>	1. Reizatemzug	39	56,41% (22)	43,59% (17)
	2. Reizatemzug	54	20,37% (11)	79,63% (43)
	3. Reizatemzug	52	32,69% (17)	67,31% (35)
<b>bitter</b>	1. Reizatemzug	38	60,53% (23)	39,47% (15)
	2. Reizatemzug	58	29,31% (17)	70,69% (41)
	3. Reizatemzug	48	29,17% (14)	70,83% (34)

##### Süß:

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Expiration um 5 Prozentpunkte. Im 2. und 3. Reizatemzug überwogen dagegen die Verkürzungen der Dauer der Expiration. Beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 31,82 Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten. Beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 15,38 Prozentpunkte.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Expiration nicht signifikant unterschieden ( $p$ -Wert = 0,242).

##### Sauer:

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Expiration um 32 Prozentpunkte. Im 2. und 3. Reizatemzug überwogen dagegen die Verkürzungen der Dauer der Expiration. Beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 41,66 Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten. Beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 34,78 Prozentpunkte.

## 4 Ergebnisse

---

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Expiration signifikant unterschieden (p-Wert = 0,000).

**Tab. 56:** Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - sauer

<b>Reizatemzug (Expiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 2.	0,000	ja
1. und 3.	0,002	ja
2. und 3.	0,824	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der 2. Reizatemzug signifikant mehr Verkürzungen aufwies als der 1. Reizatemzug. Auch der 3. Reizatemzug wies signifikant mehr Verkürzungen als der 1. Reizatemzug auf. Der zwischen 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Anzahl der Verkürzungen war nicht signifikant.

### Salzig:

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Expiration um 12,82 Prozentpunkte. Im 2. und 3. Reizatemzug überwogen dagegen die Verkürzungen der Dauer der Expiration. Beim 2. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 59,26 Prozentpunkten Unterschied am deutlichsten. Beim 3. Reizatemzug betrug der Unterschied 34,62 Prozentpunkte.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Expiration signifikant unterschieden (p-Wert = 0,001).

**Tab. 57:** Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - salzig

<b>Reizatemzug (Expiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 2.	0,000	ja
1. und 3.	0,032	ja
2. und 3.	0,188	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der 2. Reizatemzug signifikant mehr Verkürzungen aufwies als der 1. Reizatemzug. Auch der 3. Reizatemzug wies signifikant mehr Verkürzungen als der 1. Reizatemzug auf. Der zwischen 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Anzahl der Verkürzungen war nicht signifikant.

### Bitter:

Im 1. Reizatemzug überwogen die Verlängerungen der Dauer der Expiration um 21,06 Prozentpunkte. Im 2. und 3. Reizatemzug überwogen dagegen die Verkürzungen der Dauer der Expiration. Beim 2. Reizatemzug betrug der Unterschied 41,38 Prozentpunkte. Beim 3. Reizatemzug überwogen die Verkürzungen mit 41,66 Prozentpunkten knapp am deutlichsten.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich alle drei Atemzüge im Parameter Dauer der Expiration signifikant unterschieden ( $p$ -Wert = 0,003).

**Tab. 58:** Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - bitter

<b>Reizatemzug (Expiration)</b>	<b>p-Wert</b>	<b>signifikant</b>
1. und 2.	0,003	ja
1. und 3.	0,005	ja
2. und 3.	1,000	nein

Der Paarvergleich ergab, dass der 2. Reizatemzug signifikant mehr Verkürzungen aufwies als der 1. Reizatemzug. Auch der 3. Reizatemzug wies signifikant mehr Verkürzungen als der 1. Reizatemzug auf. Der zwischen 2. und 3. Reizatemzug bestehende Unterschied in der Anzahl der Verkürzungen war nicht signifikant.

### Zusammenfassung:

Im 1. Reizatemzug zeigten die Probanden bei fast allen Schmeckqualitäten sowohl eine Verlängerung der Dauer der Inspiration als auch der Dauer der Expiration. Eine Ausnahme bildeten die Qualitäten süß und sauer, bei denen die Verkürzungen der Dauer der Inspiration überwogen, während sich auch hier die Expiration verlängerte.

Im 2. und 3. Reizatemzug neigten die Versuchspersonen dagegen zu einer Verkürzung der Inspirations- und Expirationsdauer, also zu einer Zunahme der Atemfrequenz. Am deutlichsten traten die Verkürzungen während des 2. Reizatemzugs hervor. Die einzige Ausnahme bildete dabei die Qualität bitter. Hier überwogen die Verkürzungen der Dauer der Expiration während des 3. Reizatemzugs.

## 4.7 Probandenbezogene Auswertung

Im folgenden Kapitel wird die Reizatmung der einzelnen Probanden bezüglich der Parameter Dauer der Inspiration und Dauer der Expiration untersucht. Dabei wird die Reaktionshäufigkeit auf einen Schmeckreiz (süß, sauer, salzig und bitter zusammengefasst) und anschließend auf einen Leerreiz bestimmt.

### 4.7.1 Betrachtung bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration

Tab. 59: Probandenbetrachtung - Dauer Insp. - Schmeckreiz

Proband	Ruheatmung	1. RA	2. RA	3. RA
An Öf	100% (20)	25% (5)	20% (4)	25% (5)
An Kr	100% (20)	25% (5)	30% (6)	50% (10)
Br Hr	80% (16)	37,5% (6)	62,5% (10)	68,75% (11)
Ch Sc	70% (14)	42,86% (6)	50% (7)	21,43% (3)
Ch Kl	80% (16)	25% (4)	25% (4)	31,25% (5)
Ch Do	55% (11)	36,36% (4)	36,36% (4)	27,27% (3)
Ci Ma	90% (18)	22,22% (4)	11,11 % (2)	22,22 % (4)
Da Di	70% (14)	21,43% (3)	21,43% (3)	14,29% (2)
Di Sc	75% (15)	20% (3)	46,67% (7)	33,33% (5)
Do St	75% (15)	20% (3)	26,67% (4)	40% (6)
Ek No	75% (15)	0% (0)	6,67% (1)	26,67% (4)
El Ha	70% (14)	14,29% (2)	57,14% (8)	42,86% (6)
El Il	60% (12)	66,67% (8)	41,67% (5)	58,33% (7)
Fr La	80% (16)	50% (8)	31,25% (5)	50% (8)
He Sc	80% (16)	43,75% (7)	18,75% (3)	37,5% (6)
Jö Gr	65% (13)	0% (0)	23,08% (3)	30,77% (4)
Ju Be	75% (15)	53,33% (8)	46,67% (7)	46,67% (7)
Man Ha	70% (14)	14,29% (2)	0% (0)	42,86% (6)
Mar Ha	90% (18)	22,22% (4)	38,89% (7)	50% (9)
Ma Rã	80% (16)	18,75% (3)	50% (8)	25% (4)
Ph Te	55% (11)	27,27% (3)	63,64% (7)	36,36% (4)
Se Be	85% (17)	17,65% (3)	29,41% (5)	17,65% (3)
Se St	55% (11)	27,27% (3)	18,18% (2)	18,18% (2)
St Ge	40% (8)	37,5% (3)	25% (2)	37,5% (3)
St Mo	85% (17)	5,88% (1)	23,53% (4)	35,29% (6)
St Neu	90% (18)	16,67% (3)	44,44% (8)	44,44% (8)
Su Op	65% (13)	15,38% (2)	23,08% (3)	23,08% (3)
Su Di	100% (20)	30% (6)	30% (6)	40% (8)
Ta Wi	100% (20)	25% (5)	40% (8)	25% (5)
Th Wi	75% (15)	20% (3)	53,33% (8)	53,33% (8)
Ti Ba	50% (10)	30% (3)	30% (3)	20% (2)
To Lö	95% (19)	36,84% (7)	52,63% (10)	63,16% (12)

## 4 Ergebnisse

To Sc	60% (12)	8,33% (1)	66,67% (8)	50% (6)
Ul Di	95% (19)	31,58% (6)	26,32% (5)	21,05% (4)

Die 518 für die Dauer der Inspiration geeigneten Ruheatemkomplexe verteilen sich sehr unterschiedlich auf die 34 Probanden.

Insgesamt sind zwischen 40 % und 100 % der Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration geeignet.

Im 1. Reizatemzug traten zwischen 0 % und 66,67 % Änderungen der Inspirationsdauer nach einem Schmeckreiz auf, im 2. Reizatemzug waren es zwischen 0 % und 66,67 % und im 3. Reizatemzug zwischen 14,29 % und 68,75 %.

### 4.7.2 Betrachtung bei Schmeckreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration

Tab. 60: Probandenbetrachtung - Dauer Exsp. - Schmeckreiz

Proband	Ruheatmung	1. RA	2. RA	3.RA
An Öf	85% (17)	35,29% (6)	41,18% (7)	29,41% (5)
An Kr	75% (15)	40% (6)	66,67% (10)	33,33% (5)
Br Hr	45% (9)	66,67% (6)	77,78% (7)	66,67% (6)
Ch Sc	50% (10)	30% (3)	60% (6)	70% (7)
Ch Kl	90% (18)	22,22% (4)	27,78% (5)	22,22% (4)
Ch Do	30% (6)	50% (3)	33,33% (2)	16,67% (1)
Ci Ma	90% (18)	27,78% (5)	16,67% (3)	27,78% (5)
Da Di	65% (13)	38,46% (5)	30,77% (4)	38,46% (5)
Di Sc	90% (18)	16,67% (3)	33,33% (6)	27,78% (5)
Do St	70% (14)	42,86% (6)	78,57% (11)	50% (7)
Ek No	70% (14)	50% (7)	50% (7)	57,14% (8)
El Ha	75% (15)	20% (3)	46,67% (7)	26,67% (4)
El Il	70% (14)	28,57% (4)	50% (7)	14,29% (2)
Fr La	90% (18)	55,56% (10)	44,44% (8)	27,78% (5)
He Sc	95% (19)	57,89% (11)	31,58% (6)	26,32% (5)
Jö Gr	80% (16)	18,75% (3)	43,75% (7)	81,25% (13)
Ju Be	60% (12)	33,33% (4)	66,67% (8)	75% (9)
Man Ha	75% (15)	20% (3)	20% (3)	40% (6)
Mar Ha	65% (13)	53,85% (7)	46,15% (6)	23,08% (3)
Ma Rã	65% (13)	46,15% (6)	38,46% (5)	46,15% (6)
Ph Te	65% (13)	30,77% (4)	46,15% (6)	76,92% (10)
Se Be	75% (15)	46,67% (7)	20% (3)	46,67% (7)
Se St	70% (14)	14,29% (2)	21,43% (3)	28,57% (4)
St Ge	40% (8)	62,5% (5)	62,5% (5)	50% (4)
St Mo	45% (9)	33,33% (3)	44,44% (4)	44,44% (4)
St Neu	45% (9)	66,67% (6)	55,56% (5)	55,56% (5)
Su Op	55% (11)	36,36% (4)	63,64% (7)	36,36% (4)

## 4 Ergebnisse

Su Di	100% (20)	30% (6)	20% (4)	20% (4)
Ta Wi	75% (15)	26,67% (4)	66,67% (10)	33,33% (5)
Th Wi	80% (16)	31,25% (5)	43,75% (7)	56,25% (9)
Ti Ba	75% (15)	20% (3)	53,33% (8)	46,67% (7)
To Lö	75% (15)	33,33% (5)	60% (9)	86,67% (13)
To Sc	35% (7)	57,14% (4)	57,14% (4)	57,14% (4)
Ul Di	95% (19)	21,05% (4)	21,05% (4)	36,84% (7)

Die 473 für die Dauer der Expiration geeigneten Ruheatemkomplexe verteilen sich sehr unterschiedlich auf die 34 Probanden.

Insgesamt sind zwischen 30 % und 100 % der Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Expiration geeignet.

Im 1. Reizatemzug traten zwischen 14,29 % und 66,67 % Änderungen der Expirationsdauer nach einem Schmeckreiz auf, im 2. Reizatemzug waren es zwischen 16,67 % und 78,57 % und im 3. Reizatemzug zwischen 14,29 % und 86,67 %.

### 4.7.3 Betrachtung bei Leerreizgabe bezüglich der Dauer der Inspiration

Tab. 61: Probandenbetrachtung - Dauer Insp. - Leerreiz

Proband	Ruheatmung	1. RA	2. RA	3. RA
An Öf	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
An Kr	100% (5)	0% (0)	20% (1)	20% (1)
Br Hr	60% (3)	100% (3)	100% (3)	66,67% (2)
Ch Sc	80% (4)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ch Kl	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ch Do	20% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ci Ma	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Da Di	80% (4)	0% (0)	25% (1)	0% (0)
Di Sc	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Do St	80% (4)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ek No	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
El Ha	40% (2)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
El Il	60% (3)	0% (0)	0% (0)	33,33% (1)
Fr La	100% (5)	20% (1)	20% (1)	60% (3)
He Sc	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Jö Gr	60% (3)	33,33% (1)	0% (0)	0% (0)
Ju Be	100% (5)	20% (1)	20% (1)	0% (0)
Man Ha	100% (5)	20% (1)	0% (0)	0% (0)
Mar Ha	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ma Rä	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ph Te	80% (4)	0% (0)	0% (0)	25% (1)
Se Be	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)

## 4 Ergebnisse

Se St	80% (4)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
St Ge	40% (2)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
St Mo	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
St Neu	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Su Op	40% (2)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Su Di	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ta Wi	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Th Wi	80% (4)	0% (0)	25% (1)	0% (0)
Ti Ba	40% (2)	0% (0)	50% (1)	100% (2)
To Lö	100% (5)	20% (1)	0% (0)	40% (2)
To Sc	20% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ul Di	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)

Die 134 für die Dauer der Inspiration geeigneten Ruheatemkomplexe verteilen sich sehr unterschiedlich auf die 34 Probanden.

Insgesamt sind zwischen 20 % und 100 % der Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration geeignet.

Im 1. Reizatemzug trat bei 28 Probanden keine Änderung der Inspirationsdauer nach einem Leerreiz auf, bei den verbleibenden 6 Probanden traten zwischen 20 % und 100 % Reaktionen auf. Im 2. und 3. Reizatemzug zeigten je 27 Probanden keine Änderung der Inspirationsdauer nach einem Leerreiz, wobei die verbleibenden 7 Probanden auch hier zwischen 20 % und 100 % Reaktionen aufwiesen.

### 4.7.4 Betrachtung bei Leerreizgabe bezüglich der Dauer der Expiration

Tab. 62: Probandenbetrachtung - Dauer Exsp. - Leerreiz

Proband	Ruheatmung	1. RA	2. RA	3. RA
An Öf	100% (5)	20% (1)	0% (0)	0% (0)
An Kr	60% (3)	0% (0)	33,33% (1)	33,33% (1)
Br Hr	80% (4)	50% (2)	75% (3)	25% (1)
Ch Sc	40% (2)	100% (2)	50% (1)	50% (1)
Ch Kl	80% (4)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ch Do	20% (1)	0% (0)	100% (1)	0% (0)
Ci Ma	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Da Di	80% (4)	25% (1)	0% (0)	0% (0)
Di Sc	80% (4)	25% (1)	0% (0)	0% (0)
Do St	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ek No	80% (4)	0% (0)	25% (1)	0% (0)
El Ha	100% (5)	20% (1)	0% (0)	20% (1)
El Il	80% (4)	25% (1)	0% (0)	0% (0)
Fr La	100% (5)	20% (1)	0% (0)	40% (2)



## 4 Ergebnisse

He Sc	100% (5)	20% (1)	20% (1)	0% (0)
Jö Gr	80% (4)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ju Be	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Man Ha	80% (4)	25% (1)	0% (0)	0% (0)
Mar Ha	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ma Rã	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ph Te	80% (4)	25% (1)	50% (2)	50% (2)
Se Be	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Se St	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
St Ge	60% (3)	0% (0)	0% (0)	33,33% (1)
St Mo	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
St Neu	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Su Op	60% (3)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Su Di	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ta Wi	80% (4)	0% (0)	0% (0)	25% (1)
Th Wi	80% (4)	0% (0)	25% (1)	0% (0)
Ti Ba	80% (4)	0% (0)	25% (1)	25% (1)
To Lö	80% (4)	25% (1)	25% (1)	50% (2)
To Sc	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0% (0)
Ul Di	100% (5)	0% (0)	0% (0)	0% (0)

Die 122 für die Dauer der Expiration geeigneten Ruheatemkomplexe verteilen sich sehr unterschiedlich auf die 34 Probanden.

Insgesamt sind zwischen 0 % und 100 % der Ruheatemkomplexe bezüglich der Dauer der Expiration geeignet.

Im 1. Reizatemzug trat bei 22 Probanden keine Änderung der Expirationsdauer nach einem Leerreiz auf, bei den verbleibenden 12 Probanden traten zwischen 20 % und 100 % Reaktionen auf. Im 2. und 3. Reizatemzug zeigten je 24 Probanden keine Änderung der Expirationsdauer nach einem Leerreiz, wobei die verbleibenden 10 Probanden zwischen 20 % und 100 % Reaktionen im 2. Reizatemzug und zwischen 20 % und 50 % Reaktionen im 3. Reizatemzug aufwiesen.

## **5 Diskussion**

Im Zeitraum von Oktober 2006 bis März 2007 wurden an der Universitäts-HNO-Klinik in Jena 34 Probanden in die Versuchsreihe eingeschlossen. Alle verfügten über ein normales Schmeckvermögen und waren zum Zeitpunkt der Untersuchung zwischen 22 und 33 Jahre alt.

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, ob und wie überschwellige gustatorische Reize die Ruheatmung verändern. Ein Vergleich der Reaktionshäufigkeiten auf Geschmacks- und Leerreize mit Leitungswasser sollte erfolgen. Außerdem sollten die einzelnen Schmeckqualitäten auf mögliche Unterschiede hinsichtlich einer Atemänderung untersucht werden.

### **5.1 Methodik**

Um sicherzustellen, dass alle Versuchsteilnehmer eine Normogeusie hatten, unterzogen sich die Probanden im Rahmen der Voruntersuchung einem Schmecktest. Da eine globale Testung des Schmeckvermögens ohne Seitentrennung für diese allgemeine Fragestellung ausreichend war, kam ein Geschmackstest nach der 3-Tropfen-Methode nach Henkin zur Anwendung. Dieser Test ist weit verbreitet zur Bestimmung der Erkennungsschwellen für süß, sauer, salzig und bitter (Förster et al. 2004). Gudziol und Hummel beschrieben 2007 Normwerte für die 3-Tropfen-Methode. Sie untersuchten Männer und Frauen getrennt und teilten die Probanden in 4 Altersgruppen (14 - 20 Jahre, 21 - 40 Jahre, 41 - 60 Jahre und über 60 Jahre) ein. Wie Schiffman (1997), Hummel et al. (1997), Ahne et al. (2000) konnten sie außerdem die Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Schmeckvermögens bestätigen. Generell kann man sagen, dass Frauen besser schmecken als Männer und dass im Alter das Schmeckvermögen abnimmt. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei Gudziol und Hummel zwischen der Gruppe der Probanden zwischen 21 - 40 Jahren und den über 60 Jährigen. Da alle an der vorliegenden Studie teilnehmenden Probanden zwischen 22 und 33 Jahren alt waren, wurde auf eine Untergliederung in Altersgruppen

verzichtet. Außerdem konnten Männer und Frauen gemeinsam betrachtet werden, da überschwellige Schmeckreize appliziert wurden.

Gudziol und Hummel stellten fest, dass über 90 % ihrer Probanden 3 g/ml Saccharoselösung, 1 g/ml Zitronensäurelösung, 2,5 g/ml Natriumchloridlösung und 0,02 g/ml Chininhydrochloridlösung richtig erkennen konnten.

Im Hauptversuch der vorliegenden Arbeit wurden 40%ige Saccharoselösung, 10%ige Zitronensäurelösung, 5,85%ige Kochsalzlösung und 0,1%ige Chininhydrochloridlösung als Schmecklösungen eingesetzt. Die Konzentrationen wurden so gewählt, dass sie deutlich über der Wahrnehmungsschwelle lagen. Die Testsubstanzen wurden durch den kontinuierlichen Wasserfluss zur eigentlichen Reizkonzentration verdünnt. Trotz dieses Verdünnungseffekts wurden alle Schmeckreize wahrgenommen. Alle Probanden bestätigten am Versuchsende, 20 Reize gezählt zu haben, wobei die Qualitäten in gleicher Anzahl vertreten waren.

### **5.2 Ruheatmung**

Die Beurteilung der Ruheatmung der Probanden spielte in der vorliegenden Studie eine zentrale Rolle. Nur wenn die Ruheatmung als regelmäßig angesehen wurde, konnte die Reizatmung für die weitere Auswertung verwendet werden.

Während des Versuchs konnte die Atemkurve des Probanden online am Rechner betrachtet und rein visuell beurteilt werden. Außerdem zeigte eine grüne Signalleuchte an, wenn der Variabilitätskoeffizient, der aus den vorangehenden Atemzügen bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration immer aktuell berechnet wurde, kleiner oder gleich 0,1 war. Erst wenn die Ruheatmung sowohl rein visuell als auch in der computergestützten Beurteilung regelmäßig zu sein schien, erfolgte manuell die Reizapplikation. Nach Versuchsende schloss sich die offline Überprüfung der Regelmäßigkeit an.

Schon Rosenbusch (2006) und Diemer (2007) beschäftigten sich unter anderen Fragestellungen mit der Beurteilung der Ruheatmung. Diemer betonte, dass eine rein visuell als gleichmäßig eingeschätzte Ruheatmung nach statistischer Auswertung nicht unbedingt als regelmäßig angesehen werden kann. Rosenbusch empfahl die Verwendung eines Computerprogramms, das in der Lage sein sollte, einen Zyklus gleichmäßiger Ruheatemzüge zu bewerten. Ein solches Programm kam bei der vorliegenden Studie erstmalig zur Anwendung, wobei ausschließlich die Dauer der Inspiration der jeweils 5 vorhergehenden Atemzüge bewertet wurde. Mit rein visueller Beurteilung der Ruheatmung erzielte Rosenbusch bezüglich der Dauer der Inspiration 62,52 % für die weitere Auswertung geeignete Ruheatemkomplexe, Diemer 75 %. Bezüglich der Dauer der Expiration waren es 64,92 % (Rosenbusch 2006) und 75 % (Diemer 2007). Trotz visueller Beurteilung und Computeranalyse zeigte die offline Überprüfung auf Regelmäßigkeit, dass nach statistischer Auswertung die als gleichmäßig eingeschätzte Ruheatmung nicht immer regelmäßig war. 76,71 % der Ruheatemkomplexe für die Dauer der Inspiration und 70 % der Ruheatemkomplexe für die Dauer der Expiration konnten für die poststimulatorische Reizauswertung verwendet werden. Damit ist die rechnergestützte online Beurteilung der Ruheatmung mit der jetzigen Methode noch nicht in der Lage, die Zahl der zur weiteren Auswertung geeigneten Atemkomplexe entscheidend zu erhöhen. Dennoch ist so eine objektivere Beurteilung der Ruheatmung während des Versuchs gewährleistet. Damit sind die Ergebnisse weniger vom Versuchsleiter abhängig und auch andere Versuchsleiter sollten eine etwa gleiche Anzahl gültiger Atemkomplexe erzielen. Als mögliche Erklärung für die Diskrepanz zwischen online und offline Bewertung der Regelmäßigkeit der Ruheatmung kann angesehen werden, dass der letzte Ruheatemzug nicht in die online Berechnung einfließen konnte, da schon während der Expiration mit der Reizapplikation begonnen wurde. In die offline Bewertung wurde er dagegen mit einbezogen. Für eine Weiterentwicklung des Messprogramms empfiehlt sich, beide Atemparameter online auf Regelmäßigkeit zu überprüfen und

mehr als 5 vorhergehende Atemzüge, besonders den letzten Ruheatemzug zu berücksichtigen.

Shea et al. stellten 1987 fest, dass die Ruheatmung eines Probanden bei wiederholten Messungen reproduzierbar war, wobei interindividuelle Unterschiede signifikant größer waren als intraindividuelle Unterschiede. Auch Benchetrit bestätigte dies im Jahr 2000 und postulierte, dass unter Ruhebedingungen unendlich viele Kombinationsmöglichkeiten aus verschiedenen Atemzeit- und Atemvolumenparametern denkbar sind. Ergänzend stellte sie fest, dass die interindividuellen Unterschiede erst bei maximaler Ventilation verschwanden und alle Probanden ähnliche Atemmuster sowie Inspirations- und Expirationszeiten zeigten. Außerdem spielten die Messbedingungen, unter denen die Probanden eine stabile Ruheatmung erreichen sollten, eine wichtige Rolle. Dabei können äußere und innere Störfaktoren die Atmung beeinflussen. Asmussen (1977) war der erste, der sich mit der Auswirkung offener Augen auf die Atmung beschäftigte. Er postulierte, dass das Öffnen der Augen, das mit EEG Veränderungen korreliert, auch die Ansprechbarkeit des Atemzentrums beeinflusst.

Shea et al. beschrieben 1987 den Effekt visueller und akustischer Reize auf die Ruheatmung. Als visuelle Reize verglichen sie den Einfluss geschlossener Augen, das Blicken auf einen weißen Bildschirm und das stille Lesen eines standardisierten Textes. Als akustische Reize analysierten sie absolute Stille, weißes Rauschen oder das Hören eines gesprochenen Textes. Die größte Auswirkung auf die Ruheatmung zeigten akustische Reize mit Bedeutung, also das Hören eines gesprochenen Textes, der eine Änderung der Atemfrequenz von bis zu 7 % bewirkte. Auch das Lesen zeigte einen ähnlich starken Einfluss auf die Atmung. Die Autoren gehen davon aus, dass vor allem Stimuli mit Bedeutung die geistige Aktivität der Probanden erhöhen und so zur Veränderung der individuellen Atemmuster führen. In der vorliegenden Versuchsreihe wurden die Probanden durch das Verbinden der Augen vor visuellen Reizen abgeschirmt. Die Ohren wurden mit weißem Rauschen von 60 dB vertäubt. Dadurch sollte es den Probanden leichter fallen, sich in einen Zustand entspannter Aufmerksamkeit zu

versetzen, ohne durch Störreize abgelenkt zu werden. Vor allem sollte vermieden werden, dass die Probanden Geräusche wahrnahmen, die sie auf eine bevorstehende Schmeckreizapplikation hinweisen konnten.

Auch eine taktile oder thermische Reizung sollte vermieden werden. Der Schlauch, über den die Flüssigkeit in den Mund der Probanden strömte, war fest arretiert und bewegte sich bei Reizapplikation nicht. Sowohl das ständig fließende Wasser, als auch die Schmecklösungen hatten Zimmertemperatur. Auch der Wasserstrom blieb bei Reizapplikation unverändert. Da die verwendete Apparatur jedoch selbst konstruiert und gebaut war, gibt es hierfür keine sichere Garantie. Für weitere Versuche empfiehlt sich die Anschaffung eines Gustometers, das sich allerdings laut Hersteller (Burghart Medizintechnik, Wedel) zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung noch in der Erprobungsphase befand. Auch bei diesem Gerät soll ein kontinuierliches Wasseraerosol als Hintergrund dienen, der für die Dauer des Reizes durch ein Schmecklösungsaerosol ersetzt wird. Auf diese Weise soll ein Schmeckreiz ohne synchronen mechanischen oder thermischen Reiz möglich sein.

### **5.3 Reizatmung**

Bisher gibt es für die Klinik keine einfache Möglichkeit, eine gustatorische Wahrnehmung zu objektivieren. Nötig wird dies allerdings immer dann, wenn der Patient sein subjektives Schmeckempfinden nicht äußern kann oder will, wie es bei Kindern oder Patienten mit Aphasie der Fall sein kann. Besonders beim Verdacht, dass der Patient eine Hypo- oder Ageusie nur simuliert, fordern Gutachter ein objektives Verfahren.

Schon 1971 beschrieben Funakoshi und Kawamura erstmals gustatorisch evozierte Potentiale, allerdings konnten sie bei der Stimulusapplikation eine taktile Reizung nicht verhindern. 1985 gelang es dann Kobal zum ersten Mal, ohne mechanische oder thermische Stimulation gustatorisch evozierte Potentiale abzuleiten. Dafür verwendete er gasförmige Stimuli, die von den Probanden nur geschmeckt und durch den speziellen Versuchsaufbau und eine besondere Atemtechnik nicht gerochen wurden. Gustatorisch evozierte

Potentiale können als elektrische Antworten der Hirnrinde auf Schmeckreize angesehen werden. Da das EEG die Aktivität vieler kortikaler Neurone enthält, muss das gustatorisch evozierte Potential erst herausgefiltert werden. Dies geschieht durch Mittelung der individuellen Antworten auf Schmeckreize. Reizbezogene EEG Abschnitte werden summiert. Dabei egalisiert sich das EEG Rauschen, während sich beim Averaging das evozierte Potential herausbildet. Beurteilt werden immer Latenz und Amplitude der gustatorisch evozierten Potenzialänderungen im EEG. Gleichzeitig konnte Kobal nachweisen, dass nach einer Lokalanästhesie mit Tetracain-Hydrochlorid sowohl keine Schmeckempfindung als auch keine Ableitung gustatorisch evozierter Potentiale mehr möglich war. Eine Hypogeousie führte zu einer Amplitudenabnahme und Latenzverlängerung. Heute werden mit Hilfe eines Flussolfaktometers Essigsäuredämpfe auf die Zunge appliziert und aus dem EEG ein gustatorisch evoziertes Potential herausgemittelt, um die Schmeckfunktion objektiv testen zu können. Diese Untersuchung wird allerdings nur von sehr wenigen Zentren durchgeführt (Förster et al. 2004). Außerdem hat dieser Stimulationsmodus zwei wesentliche Nachteile. Es kann nur der Schmeckverlust der Qualität sauer objektiviert werden und die Säuredämpfe beschädigen das Olfaktometer. Für die Überprüfung des Riechvermögens existiert mit der Respirationsofaktometrie bereits eine weitere objektive Methode. Hierbei gilt eine Änderung der Atmung während eines Riechreizes als Nachweis für eine Geruchswahrnehmung.

Bis 2003 gab es allerdings zwei wesentliche Mängel der Respirationsofaktometrie. Die Applikation der Riechreize war teilweise mit einem mechanischen Störreiz durch spürbare Luftturbulenzen verbunden und die Beurteilung der Atmung erfolgte rein visuell. Wächter und Gudziol führten dann die artefaktfreie olfaktorische Reizung mit einem Flussolfaktometer nach Kobal ein, während die narichoanal in- und expiratorischen Druckschwankungen durch ein Differentialdruckmanometer registriert und anschließend rechnergestützt offline bewertet wurden. Damit gelang ihnen der Nachweis, dass während einer schwellennahen kurzen  $H_2S$

Reizung signifikant größere Atemänderungen ausgelöst wurden als während Neutralluftapplikation.

Diemer kam 2007 in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass die Respirationsolfaktometrie auch zum Ausschluss einer simulierten Anosmie geeignet ist. Wird eine Riechreizfolgereaktion auf einen reinen Riechstoff registriert, so kann von einem intakten olfaktorischen System ausgegangen werden. Fehlt die Reaktion dagegen, kann es sich sowohl um eine Simulation als auch um eine Anosmie handeln. Fehlt zusätzlich die Reaktion auf einen trigeminalen Reiz, so ist von einer Simulation auszugehen, denn bei Anosmikern bleibt das trigeminale System weitgehend funktionstüchtig (Gudziol, Wächter 2004).

Wegen der engen Verwandtschaft der chemischen Sinne Riechen und Schmecken liegt die Frage der vorliegenden Studie nahe, ob überschwellige gustatorische Reize zu Atemänderungen führen und ob mit der Registrierung gustatorisch evozierter Atemänderungen eine weitere Methode zur objektiven Überprüfung des Schmeckvermögens gefunden ist.

In der vorliegenden Arbeit wurden nach Schmeckreizapplikation drei poststimulatorische Reizatemzüge untersucht. Fasst man die Schmeckrichtungen süß, sauer, salzig und bitter zusammen, so kam es in 25,87 % zu einer Änderung der Dauer der Inspiration und in 35,31 % zu einer Änderung der Dauer der Expiration während des 1. Reizatemzugs. Beim 2. Reizatemzug änderte sich die Dauer der Inspiration in 34,17 %, die Dauer der Expiration in 43,13 %. Betrachtete man den 3. Reizatemzug, so zeigte sich eine Änderung der Dauer der Inspiration in 36,49 %, eine Änderung der Dauer der Expiration in 41,86 %. So war festzustellen, dass die Dauer der Expiration der Parameter war, der jeweils mehr Reaktionen zeigte. Signifikant war hier das Überwiegen der expiratorischen Reaktionen während des 1. Reizatemzugs. Betrachtet man den Parameter Dauer der Inspiration, so zeigt sich, dass im 3. Reizatemzug die meisten Änderungen auftraten, im Parameter Dauer der Expiration während des 2. Reizatemzugs. Der statistische Vergleich ergab bei beiden Parametern ein signifikantes Überwiegen der Änderungen im 2. zum 1. und im 3. zum 1.



Reizatemzug, während der Vergleich des 2. und 3. Reizatemzugs keinen signifikanten Wert lieferte.

Das Gruppenergebnis ist auch in der probandenbezogenen Auswertung nachvollziehbar. Der Vergleich der Reaktionsbreite zeigte ein ausgewogenes Reaktionsbild, ohne dass extreme Häufigkeiten von Reaktionen, also 0 % oder 100 % überwogen.

In der Anzahl der auftretenden Reaktionen sind deutliche Parallelen zu Rosenbuschs Arbeit (Rosenbusch 2006) zu erkennen, die den Einfluss langer Schwefelwasserstoffreize auf die Atmung von Normalpersonen untersuchte. Sie wertete den 1. und 2. poststimulatorischen Reizatemzug aus und erzielte in 35,19 % (1. RA) und 54,36 % (2. RA) Änderungen der Dauer der Inspiration und in 56,72 % (1. RA) und 56,72 % (2. RA) Änderungen der Dauer der Expiration. Außerdem betonte sie ebenfalls, dass der Parameter Dauer der Expiration deutlich mehr Reaktionen zeigte als der Parameter Dauer der Inspiration. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Größenordnung gustatorisch evozierter Folgereaktionen im Bereich olfaktorischer Folgereaktionen liegt. Die späte Reaktionshäufung in der vorliegenden Studie im 3. Reizatemzug lässt sich eventuell durch die vielleicht nicht immer exakte Reizapplikation per manueller Injektion erklären, so dass zu Beginn der Inspiration des 1. Reizatemzugs der Schmeckreiz noch nicht wirken konnte. Deshalb sollte in späteren Untersuchungen auf eine automatisierte Reizapplikation Wert gelegt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Schmeckqualitäten auch einzeln betrachtet. Dabei konnte bei fast jeder Qualität das Überwiegen der Änderungen während der Expiration bestätigt werden. Die einzige Ausnahme bildete die Qualität sauer, bei der im 3. Reizatemzug mehr Änderungen der Inspirationsdauer auftraten. Statistisch signifikant war allerdings nur das Überwiegen der Änderungen der Expiration bei der Qualität sauer in 1. Reizatemzug.

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität süß zeigte, dass sowohl bezüglich der Dauer der Inspiration als auch der Expiration im 3.

Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Die statistische Betrachtung lieferte keine Signifikanz.

Die Qualität sauer erbrachte bezüglich der Dauer der Inspiration während des 3. Reizatemzugs die meisten Änderungen, während die Dauer der Expiration während des 1. Reizatemzugs die meisten Änderungen aufwies. Statistisch signifikant war hier das Überwiegen der Änderungen der Dauer der Inspiration im 3. zum 1. Reizatemzug.

Für die Qualität salzig ergab der Vergleich der Reaktionshäufigkeit, dass bezüglich der Dauer der Inspiration im 3. Reizatemzug und bezüglich der Expiration im 2. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Die statistische Betrachtung lieferte allerdings keine Signifikanz.

Der Vergleich der Reaktionshäufigkeit für die Qualität bitter zeigte, dass sowohl bezüglich der Dauer der Inspiration als auch der Expiration im 2. Reizatemzug die meisten Reaktionen auftraten. Signifikant war hier nur das Überwiegen der Änderungen der Expiration im 2. Reizatemzug zum 1. Reizatemzug.

Den Probanden wurden außerdem Leerreize mit Wasser angeboten, um den selbst entworfenen Versuchsaufbau hinsichtlich einer taktilen Reizung während der Stimulusapplikation zu überprüfen. Dabei war festzustellen, dass auch nach diesen Reizen Atemänderungen auftraten. Dies war jedoch mit ca. 6 - 9 % während der Dauer der Inspiration und ca. 11 % während der Dauer der Expiration deutlich seltener als während der Schmeckreizapplikation der Fall. Der statistische Vergleich der Reaktionshäufigkeiten der einzelnen Schmeckqualitäten und der Wasserreize mit dem Chi-Quadrat-Test ergab, dass die Probanden auf die Schmeckreize in jedem Reizatemzug signifikant häufiger reagierten. Auch die probandenbezogene Auswertung ergab, dass ein Großteil der Probanden nicht auf die Wasserreize reagiert hatte. So ist davon auszugehen, dass es sich bei den Reaktionen um respiratorische Schmeckreizfolgereaktionen handelte, während die Atemänderungen auf die Wasserreize möglicherweise die zufällige Schwankung der Ruheatmung quantifizieren bzw. endogene oder versuchsbedingte Störreize die Atmung unregelmäßig werden lassen.

Außerdem war von Interesse, ob die Probanden auf alle Schmeckqualitäten gleich reagierten. Dabei erbrachten der Vergleich der Reaktionshäufigkeiten und die probandenbezogene Auswertung für die Schmeckreize süß, sauer, salzig und bitter keinen signifikanten Unterschied. Die Probanden haben also in keinem der Reizatemzüge auf eine Qualität bevorzugt reagiert. Alle Schmeckqualitäten evozierten also in etwa gleich häufig respiratorische Schmeckreizfolgereaktionen. In der Atemkurve wird also lediglich das Gewahrwerden eines Reizes abgebildet, während die bekannten hedonischen Unterschiede der vier Geschmacksqualitäten sich nicht in der Häufigkeit der evozierten Atemänderungen widerspiegeln.

Für die Betrachtung der Qualität der Atmungsänderung soll der enge Zusammenhang zwischen Geruch und Geschmack betont werden. Dass man bei einem guten Geruch tief durchatmet und bei Gestank die Luft anhält, ist allgemein bekannt. So konnten Walker et al. 1997 zeigen, dass Nichtraucher unter 70-minütiger Tabakinhalation ihre Atemfrequenz um 5 % bis 8 % senkten, was vor allem durch eine Verlängerung der Expiration geschah. Gudziol et al. beschrieben 2006 den Effekt angenehmer und unangenehmer Gerüche auf die Atmung. Dabei verwendeten sie Schwefelwasserstoff als unangenehmen und Phenylethylalkohol als angenehmen Geruch und untersuchten den ersten poststimulatorischen Atemzug. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass positive respiratorische Riechreizfolgereaktionen bei einer Reizung mit einem angenehmen Geruch etwa genauso häufig auftraten wie bei Reizung mit einem unangenehmen Geruch. Die Betrachtung der Qualität der Atemänderung zeigte, dass es nach den unangenehmen Schwefelwasserstoffreizen dreimal häufiger zu einer Abnahme der Expirationsdauer als zu einer Zunahme kam. Bei einer angenehmen Phenylethylalkohol-Reizung kam es dagegen etwa dreimal häufiger zu einer Zunahme der Inspirationsdauer und Inspirationsfläche (Gudziol et al. 2006).

Rosenbusch untersuchte in einer ähnlich aufgebauten Studie den Effekt langdauernder Schwefelwasserstoffreize unterschiedlicher Konzentrationen auf die Atmung von Normosmikern (Rosenbusch 2006). Sie fand heraus,

dass es zwischen unangenehmen und stärker unangenehmen Reizen keinen Unterschied bezüglich der Reaktionsquote gab. Die 10-sekündige Reizapplikation ermöglichte es ihr, auch den 2. poststimulatorischen Reizatemzug zu untersuchen. Bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration fand sie im 1. Reizatemzug in der Hälfte der Reaktionen eine Atemverlängerung, in der anderen Hälfte eine Verkürzung. Im 2. Reizatemzug überwogen dann die Verkürzungen der Inspirationsdauer. Die Expiration verkürzte sich sowohl im 1. als auch im 2. Reizatemzug, wobei die Verkürzungen im 2. Reizatemzug noch stärker hervor traten. Sie deutete das Verkürzen der Einatmung im 2. Reizatemzug als einen Flucht- bzw. Schutzreflex der Teilnehmer, die durch die lange Reizdauer auch während dieses Atemzugs der unangenehmen schwefelwasserstoffhaltigen Luft ausgesetzt waren. Die Verkürzung der Expiration erklärten Wajnert (2003) und Rosenbusch (2006) als „Flucht“ vor der stinkenden Luft.

Betrachtet man in der vorliegenden Arbeit alle Schmeckqualitäten gemeinsam, so verlängerten die Probanden sowohl die Dauer der Inspiration als auch die Dauer der Expiration im 1. Reizatemzug, was einer Abnahme der Atemfrequenz entspricht. Im 2. und 3. Reizatemzug neigten sie dagegen zu einer Verkürzung der Inspirations- und Expirationsdauer, was als Atemfrequenzzunahme gedeutet werden kann.

Insgesamt wies der 2. Reizatemzug sowohl während der Inspiration als auch während der Expiration signifikant die meisten Verkürzungen auf.

Die Analyse der einzelnen Schmeckqualitäten zeigte im 1. Reizatemzug bei fast allen Qualitäten eine Verlängerung sowohl der Dauer der Inspiration als auch der Dauer der Expiration. Eine Ausnahme bildeten süß und sauer, bei denen die Verkürzungen der Dauer der Inspiration überwogen. Im 2. und 3. Reizatemzug neigten die Probanden bei allen Qualitäten zu einer Verkürzung der Inspirations- und Expirationsdauer. Am deutlichsten traten die Verkürzungen während des 2. Reizatemzugs hervor. Die einzige Ausnahme bildete dabei die Qualität bitter. Hier überwogen die Verkürzungen der Dauer der Expiration erst während des 3. Reizatemzugs, was eventuell durch den längeren Nachgeschmack von bitter erklärt werden kann.

Signifikant war allerdings bezüglich der Inspiration nur das Überwiegen der Verkürzungen im 2. und 3. zum 1. Reizatemzug für die Qualität salzig. Die Expiration zeigte für die einzelnen Qualitäten mehr Signifikanzen. Für die Qualitäten sauer, salzig und bitter überwogen die Verkürzungen im 2. und 3. zum 1. Reizatemzug signifikant.

Die Atemänderung im ersten poststimulatorischen Atemzug nach einem Schmeckreiz kann als Teil einer Orientierungsreaktion der Probanden angesehen werden, was nach Sokolov (Sokolov 1963) eine Reaktion des Organismus auf neue und bedeutsame Reize darstellt und die Wahrnehmung des die Ruheatmung störenden Reizes widerspiegelt. Orientierungsreaktionen erfolgen vornehmlich auf Reize geringer bis mittlerer Intensität und dienen dazu, die Aufnahmekapazität für den Reiz zu erhöhen. Wenn ein Reiz als unbedeutend oder schwach angesehen wird, kann eine respiratorische Orientierungsreaktion auch fehlen (Diemer 2007). Die sensorische Komponente der Orientierungsreaktion umfasst eine gesteigerte Empfindlichkeit der Rezeptoren und eine damit verbundene Verminderung der Wahrnehmungsschwelle. Die motorische Komponente führt zu einem gesteigerten Tonus der quergestreiften Muskulatur. Im EEG zeigt sich eine Desynchronisierung des Alpha-Rhythmus. Änderungen der Atmung zählen neben einer Änderungen der Herzfrequenz und dem Anstieg der Hautleitfähigkeit zur vegetativen Komponente der Orientierungsreaktion. Orientierungsreaktionen sind neben olfaktorischen bereits auf visuelle (Santangelo et al. 2008) und akustische Reize (Kumpf 1973) beschrieben worden.

Im 2. und 3. poststimulatorischen Atemzug könnten unterschiedliche Gefühle bei den Probanden vorgelegen haben. Sie befanden sich vor dem Reiz in einer gespannten Erwartungshaltung, wann der nächste Reiz erfolgen würde. Diese Erwartung wurde dann mit der Wahrnehmung und Erkennung des Reizes im 1. Reizatemzug abgelöst von einem Gefühl der Entspannung. Allerdings waren sie gleichzeitig Schmeckreizen ausgesetzt, die von etlichen Versuchsteilnehmern nach der Untersuchung als nicht angenehm beschrieben wurden, außerdem hofften sie, dass der Versuch möglichst schnell zu Ende sein möge.

Danuser beschrieb ebenfalls, dass ein chemosensorischer Reiz zu Belästigung und Missempfindung führen kann, auch in nicht toxischer Konzentration (Danuser 2001). Sie empfahl, diese Belästigung als Emotion zu betrachten. Emotionen können sich verbal oder motorisch, aber auch in durch das autonome Nervensystem kontrollierten Veränderungen des Vegetativums äußern (Hamm, Vaitl 1993). Hierzu zählen Veränderungen der Atmung, die im Gegensatz zu anderen physiologischen Parametern sowohl willkürlicher als auch autonomer Kontrolle unterliegt. Emotionen wie Traurigkeit, Fröhlichkeit, Furcht und Angst können zu Veränderungen vieler physiologischer Parameter führen (Homma, Masaoka 2008). Hugdahl beschäftigte sich 1995 mit dem Zusammenhang zwischen Emotionen und dem Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck. Auch subjektiv wahrgenommene Erregung kann die Atmung verändern. Gomez beschrieb 2004 den Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommener Erregung, Beurteilung der Emotion als positiv oder negativ und Veränderung der Atmung. Als Stimuluskategorien verwendete er stehende Bilder, Umweltgeräusche, Musik und Filmclips. Ein Anstieg der Erregung wurde immer von einem Anstieg des Atemminutenvolumens begleitet, wobei sich die Inspirations- und Expirationsdauer verkürzten.

Die dritte mögliche Erklärung, wie eine Atemänderung durch überschwellige Schmeckreize hervorgerufen werden kann, lieferte Danuser 2001. Sie bezeichnete die von Walker et al. 1997 beschriebenen Atemänderungen von Nichtrauchern während 70-minütiger Tabak Rauch Exposition als passives emotionales Coping. Dabei kam es, wie bereits oben erwähnt, durch die Verlängerung der Expirationsdauer zu einer Abnahme der Atemfrequenz um 5 – 8 %, während das Atemminutenvolumen gleich blieb. Auch die in der vorliegenden Studie beobachtete Art der Änderung, nämlich der Atemfrequenzzunahme kann Teil der Bewältigungsstrategie der Probanden sein, mit der als unangenehm empfundenen Prozedur umzugehen.

Zusammenfassend kann man also die durch einen überschwelligem, wahrgenommenen Schmeckreiz hervorgerufene Atemänderung als Orientierungsreaktion bzw. Orientierungsreflex der Probanden deuten, wobei

dies vor allem für den ersten poststimulatorischen Atemzug zutrifft. Der 2. und 3. Atemzug spiegelt dagegen die emotionale Lage der Probanden wider, die von Entspannung und gleichzeitiger Missempfindung bestimmt ist. Der gezeigte Atemtyp könnte eine Coping-Strategie der Probanden sein, mit dem Reiz umzugehen. In der aktuellen Studie wurde allerdings keine Untersuchung zur Hedonik gemacht, obwohl sich die Hedonik zumindest von süß und bitter eindeutig unterscheiden dürfte. Dieser Zusammenhang könnte, ebenso wie die Auswirkung schwellennaher Schmeckreize auf die Atmung, in einer weiteren Studie geklärt werden.

### **6 Schlussfolgerung**

An der Versuchsreihe nahmen 34 gesunde Probanden mit normalem Schmeckvermögen teil. Es erfolgte die Applikation von jeweils 25 Reizen, wobei es sich um je 5 Schmeckreize der Qualitäten süß, sauer, salzig und bitter und um 5 Leerreize mit Wasser handelte. Die atemsynchronen nasalen Druckschwankungen wurden durch ein Differentialdruckmanometer registriert. Am Rechner konnte durch ein LabView-Programm online die Atemkurve betrachtet werden. Außerdem erfolgte die computergestützte Beurteilung der Ruheatmung auf Regelmäßigkeit durch die Berechnung des Variabilitätskoeffizienten bezüglich des Parameters Dauer der Inspiration. Im Anschluss an den Versuch erfolgte die offline Beurteilung.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS.

Ziel der vorliegenden Studie war es, herauszufinden, ob und wie überschwellige Schmeckreize die Ruheatmung verändern. Außerdem wurden die verschiedenen Schmeckqualitäten einzeln betrachtet und auf eventuelle Unterschiede untersucht. In die Betrachtung zur Regelmäßigkeit der Ruheatmung gingen die 5 Atemzüge vor der Reizapplikation ein, die als Ruheatemkomplex bezeichnet wurden. Die Betrachtung der Reizatmung umfasste drei poststimulatorische Reizatembzüge. Bei den verwendeten Atemparametern handelte es sich um die Dauer der Inspiration und die Dauer der Expiration.

Die Analyse der Ruheatmung ergab eine Diskrepanz zwischen visueller bzw. rechnergestützter Beurteilung der Ruheatmung und anschließender offline Auswertung. Nur ca. 77 % der Atemkomplexe bezüglich der Dauer der Inspiration und 70 % bezüglich der Dauer der Expiration wiesen tatsächlich eine regelmäßige Ruheatmung auf.

Die weiteren Ergebnisse zeigten einen hohen Anteil an Schmeckreizfolgereaktionen, wobei alle Geschmacksreize bewertet wurden. Ein Vergleich der einzelnen Schmeckqualitäten ergab keine Unterschiede in der Reaktionshäufigkeit.

Die Betrachtung Qualität der Atemänderung für alle Schmeckqualitäten gemeinsam zeigte im 1. Reizatembzug Inspirations- und



Expirationsverlängerungen, was einer Abnahme der Atemfrequenz entspricht. Im 2. und 3. Reizatemzug neigten die Probanden dagegen zu einer Verkürzung der Inspirations- und Expirationsdauer, was als Atemfrequenzzunahme gedeutet werden kann. Insgesamt wies der 2. Reizatemzug sowohl während der Inspiration als auch während der Expiration signifikant die meisten Verkürzungen auf.

Aus der vorliegenden Arbeit lassen sich für die Zukunft folgende Empfehlungen ableiten:

Der Versuchsaufbau sollte optimiert werden. Damit bei zukünftigen Studien eine artefaktfreie, automatisierte Reizapplikation möglich ist, empfiehlt sich die Anschaffung eines Gustometers.

Um die Anzahl der gültigen Ruheatemkomplexe zu erhöhen, sollte das LabView-Programm nicht nur online den Variabilitätskoeffizient für die Dauer der Inspiration, sondern auch für die Dauer der Expiration berechnen. Dies ist vor allem deshalb von Bedeutung, weil sich in der Studie gezeigt hat, dass die Dauer der Expiration der Parameter ist, der sich stärker ändert. Außerdem sollten rechnergestützt 10 Ruheatemzüge mit Hilfe des Variabilitätskoeffizienten überprüft werden, um stabilere Phasen einer regelmäßigen Atmung herauszufiltern.

Für weitere Arbeiten scheint die Betrachtung von nur zwei poststimulatorischen Atemzügen insofern ausreichend, da zwischen 2. und 3. Reizatemzug kein signifikanter Unterschied in der Reaktionshäufigkeit mehr nachgewiesen werden konnte.

In weiteren Untersuchungen könnte die Frage geklärt werden, ob auch schwellennahe Schmeckreize zu Folgereaktionen führen. Um zu ermitteln, ob die Methode als objektive Möglichkeit zur Überprüfung des gustatorischen Systems geeignet ist, muss außerdem die Frage geklärt werden, ob es Probanden durch Unterdrücken der Atemänderung gelingen könnte, eine Ageusie zu simulieren oder ob dies nicht möglich ist. Außerdem sollte die Methodik an Patienten mit partieller oder totaler Ageusie validiert werden.

Es konnte gezeigt werden, dass ein gustatorischer Input die Atmung ändern kann und dass diese Atemänderung als Indikator für die Intaktheit des gustatorischen Systems angesehen werden kann.

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufbau und Innervation einer Geschmacksknospe.....	5
Abb. 2: Verlauf der zentralen Geschmacksbahn.....	6
Abb. 3: Molekulare Transduktionsprozesse der Qualitäten salzig und sauer.....	7
Abb. 4: Molekulare Transduktionsprozesse der Qualitäten bitter, süß und umami.....	8
Abb. 5: Atemvolumina.....	12
Abb. 6: Einwirkung von Atemantrieben auf das Atemzentrum.....	15
Abb. 7: Versuchsaufbau.....	21
Abb. 8: Dauer der Inspiration, rot markiert.....	23
Abb. 9: Dauer der Expiration, rot markiert.....	24
Abb. 10: Beispiel einer Atemkurve.....	26
Abb. 11: Geschlechterverteilung der Probanden.....	27
Abb. 12: Altersverteilung der Probanden.....	28
Abb. 13: Nasenseite zur Manometerverbindung.....	29
Abb. 14: Selbsteinschätzung des Schmeckvermögens.....	29
Abb. 15: Ergebnisse des Schmecktests.....	30
Abb. 16: Anzahl geeigneter RAK - Dauer Insp.....	32
Abb. 17: Anzahl geeigneter RAK - Dauer Exsp.....	33
Abb. 18: Anzahl geeigneter RAK - Dauer Insp. - Reizqualitäten.....	34
Abb. 19: Anzahl geeigneter RAK - Dauer Exsp. - Reizqualitäten.....	35
Abb. 20: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 1. RA.....	36
Abb. 21: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 2. RA.....	37
Abb. 22: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 3. RA.....	37
Abb. 23: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 1. RA.....	38
Abb. 24: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 2. RA.....	39
Abb. 25: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 3. RA.....	39
Abb. 26: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 1. RA - Leerreiz.....	40
Abb. 27: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 2. RA - Leerreiz.....	41
Abb. 28: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 3. RA - Leerreiz.....	42
Abb. 29: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 1. RA - Leerreiz.....	43

Abb. 30: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 2. RA - Leerreiz .....	43
Abb. 31: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 3. RA - Leerreiz .....	44
Abb. 32: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 1. RA - Qualitäten .....	45
Abb. 33: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 2. RA - Qualitäten .....	46
Abb. 34: Häufigkeit der Änderung der Dauer Insp. - 3. RA - Qualitäten .....	47
Abb. 35: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 1. RA - Qualitäten .....	48
Abb. 36: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 2. RA - Qualitäten .....	49
Abb. 37: Häufigkeit der Änderung der Dauer Exsp. - 3. RA - Qualitäten .....	50

## 8 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Atemfrequenz .....	11
Tab. 2:	Verdünnungsstufen und Konzentrationen der Prüflösungen in %..	18
Tab. 3:	Konzentrationen der Schmecklösungen des Hauptversuchs in %.	19
Tab. 4:	Zusammenfassung der geeigneten RAK .....	33
Tab. 5:	Zusammenfassung der geeigneten RAK - Reizqualitäten .....	35
Tab. 6:	Zusammenfassung der Änderungen bei Schmeckreizgabe .....	40
Tab. 7:	Zusammenfassung der Änderungen bei Leerreizgabe .....	44
Tab. 8:	Zusammenfassung der Änderungen pro Schmeckqualität .....	50
Tab. 9:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Schmeckreiz .....	52
Tab. 10:	Paarvergleich - Insp. - Schmeckreiz .....	52
Tab. 11:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - Schmeckreiz .....	52
Tab. 12:	Paarvergleich - Exsp. - Schmeckreiz .....	52
Tab. 13:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - Schmeckreiz...	53
Tab. 14:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - süß .....	54
Tab. 15:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - süß .....	54
Tab. 16:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - süß .....	54
Tab. 17:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - sauer .....	55
Tab. 18:	Paarvergleich - Insp. - sauer .....	55
Tab. 19:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - sauer .....	55
Tab. 20:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - sauer .....	55
Tab. 21:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - salzig .....	56
Tab. 22:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - salzig .....	56
Tab. 23:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - salzig .....	56
Tab. 24:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - bitter .....	57
Tab. 25:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - bitter .....	57
Tab. 26:	Paarvergleich - Exsp. - bitter .....	57
Tab. 27:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - bitter .....	57
Tab. 28:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Wasser .....	58
Tab. 29:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Exsp. - Wasser .....	58
Tab. 30:	Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Insp. - Exsp. - Wasser .....	58

Tab. 31: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 1. RA - Insp.....	60
Tab. 32: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 1. RA - Insp. ....	61
Tab. 33: Paarvergleiche - Schmeckreiz und Wasser - 1. RA - Insp.....	61
Tab. 34: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 1. RA - Exsp.....	61
Tab. 35: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 1. RA - Exsp. ....	61
Tab. 36: Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 1. RA - Exsp. .	62
Tab. 37: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 2. RA - Insp.....	62
Tab. 38: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Insp. ....	62
Tab. 39: Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Insp. ..	63
Tab. 40: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 2. RA - Exsp.....	63
Tab. 41: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Exsp. ....	63
Tab. 42: Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 2. RA - Exsp. .	63
Tab. 43: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 3. RA - Insp.....	64
Tab. 44: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Insp. ....	64
Tab. 45: Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Insp. ..	64
Tab. 46: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten - 3. RA - Exsp.....	65
Tab. 47: Vergleich der Reaktionshäufigkeit - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Exsp. ....	65
Tab. 48: Paarvergleiche - Schmeckqualitäten und Wasser - 3. RA - Exsp. .	65
Tab. 49: Qualität der Atmungsänderung - Dauer Insp. ....	67
Tab. 50: Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Insp. - Schmeckreiz .....	67

Tab. 51: Qualität der Atmungsänderung - Dauer Exsp. ....	67
Tab. 52: Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - Schmeckreiz .....	68
Tab. 53: Qualität der Atmungsänderung - Dauer Insp. - Schmeckqualitäten .....	69
Tab. 54: Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Insp. - salzig.....	70
Tab. 55: Qualität der Atmungsänderung - Dauer Exsp. - Schmeckqualitäten .....	71
Tab. 56: Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - sauer.....	72
Tab. 57: Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - salzig.....	72
Tab. 58: Paarvergleich - Qualität der Atmungsänderung - Exsp. - bitter.....	73
Tab. 59: Probandenbetrachtung - Dauer Insp. - Schmeckreiz .....	74
Tab. 60: Probandenbetrachtung - Dauer Exsp. - Schmeckreiz.....	75
Tab. 61: Probandenbetrachtung - Dauer Insp. - Leerreiz.....	76
Tab. 62: Probandenbetrachtung - Dauer Exsp. - Leerreiz .....	77

## 9 Literaturverzeichnis

**Ahne G, Erras A, Hummel T, Kobal G. 2000.** Assessment of gustatory function by means of tasting tablets. *Laryngoscope*. 110: 1396-1401.

**Asmussen E. 1977.** Regulation of respiration: 'The Black Box'. *Acta Physiol. Scand*. 99: 85-90.

**Benchetrit G. 2000.** Breathing pattern in humans: diversity and individuality. *Respiration Physiology*. 122: 123-129.

**Benninghoff A, Drenckhahn, Hrsg. 2004.** Anatomie, Band 2. 16. Aufl. München: Urban und Fischer Verlag.

**Böhme G. 2003.** Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen, Band 1: Klinik. 4. Aufl. München, Jena: Urban und Fischer Verlag.

**Burdach KJ, Doty RL. 1987.** The effects of mouth movements, swallowing, and spitting on retronasal odor perception. *Physiology & Behaviour*. 41: 354-356.

**Burkert S, Haberland EJ, Gudziol H. 2005.** Riech- und Schmeckstörungen. Nur eingeschränkt genießen. *HNO-Nachrichten*. 4: 22-25.

**Danuser B. 2001.** Candidate Physiological Measures of Annoyance from Airborne Chemicals. *Chem. Senses*. 26: 333-337.

**Deetjen P, Speckmann EJ, Hescheler J, Hrsg. 2005.** Physiologie. 4. Aufl. München, Jena: Urban und Fischer Verlag.

**Diemer U. 2007.** Können Normosmiker den Einfluss langer Schwefelwasserstoffreize auf die Atmung unterdrücken? [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

**Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R, Hrsg. 2003.** Waldeyer Anatomie des Menschen. 17. Aufl. Berlin, New York: Walter de Gruyter Verlag.

**Feleky A. 1914.** The influence of the emotions on respiration. Psychol. Rev. 1: 218-241.

**Förster G, Damm M, Gudziol H, Hummel T, Hüttenbrink KB, Just T, Seeber H, Welge-Luessen A. 2004.** Die Prüfung des Schmeckvermögens mit validierten Verfahren. Z. ärztl. Fortbild. Qual. Gesundheitswes. Schwerpunkt HNO. 98: 283-285.

**Funakoshi M, Kawamura Y. 1971.** Summated cerebral evoked responses to taste stimuli in man. Electroencephalographie and Clinical Neurophysiologie. 30: 205-209.

**Gerhardt HJ, Rauh C. 1963.** Objektive Olfaktometrie. Erfahrungen mit Atemregistrierung unter Geruchsreizen. Laryngo-Rhino-Otologie. 42: 658-668.

**Gomez P. 2004.** Respiratory responses to Visual and Acoustic Stimuli from a Dimensional Perspective of Emotion. [Dissertation]. Swiss Federal Institute of Technology Zurich.

**Gudziol H. 1981.** Die Reflexolfaktometrie - eine objektivierende Methode für die Überprüfung des Riechsinnens. Erfahrungen mit dem olfaktosalivatorischen und olfakto-respiratorischen Reflex. HNO-Praxis. 6: 38-43.

**Gudziol H, Hummel T. 2007.** Normative values for the assessment of gustatory function using liquid tastants. Acta Oto-Laryngologica. 127: 658-661.



**Gudziol H, Wächter R. 2004.** Gibt es olfaktorisch evozierte Atemänderungen. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 83: 367-373.

**Gudziol H, Wajnert B, Förster G. 2006.** Wie verändern angenehme und unangenehme Gerüche die Atmung. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 85: 567-572.

**Hamm AO, Vaitl D. 1993.** Emotionsinduktion durch visuelle Reize. Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. *Psychol. Rundschau*. 44: 143-161.

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

**Hoffman HJ, Ishii EK, MacTurk RH. 1998.** Age-related changes in the prevalence of smell/taste problems among the United States adult population. Results of the 1994 disability supplement to the National Health Interview Survey (NHIS). *Ann NY Acad Sci* 855: 716-722.

**Homma I, Masaoka Y. 2008.** Breathing rhythms and emotions. *Experimental Physiology*. 93: 1011-1021.

**Hugdahl K. 1995.** *Psychophysiology*. London: Harvard University Press.

**Hummel T, Erbas A, Kobal G. 1997.** A new test for the screening of taste function. *Rhinology*. 35: 146-148.

**Huppelsberg J, Walter K. 2003.** *Kurzlehrbuch Physiologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

**Kinnamon SC, Margolskee RF. 1996.** Mechanisms of taste transduction. *Current Opinion in Neurobiology*. 6: 506-513.

**Klimek L, Moll B, Kobal G. 2000.** Riech- und Schmeckvermögen im Alter. Deutsches Ärzteblatt. 97: A-911-918.

**Klinke R, Pape HC, Silbernagl S, Hrsg. 2005.** Physiologie. 5. Aufl. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

**Knecht M, Hüttenbrink KB, Hummel T. 1999.** Störungen des Riechens und Schmeckens. Schweizer Medizinische Wochenschrift. 129: 1039-1046.

**Kobal G. 1985.** Gustatory evoked potentials in man. Electroencephalographie and Clinical Neurophysiologie. 62: 449-454.

**Kumpf W. 1973.** Breathing sound audiometry (threshold determination and screening study). HNO 21: 227-228.

**Meiselman HL. 1979.** Determining consumer preference in institutional food service. Livingston GE, Chang CM. Food service systems. New York: Academic Press, 127-153.

**Meyerhof W. 2003.** Geschmacksfragen - Neues aus der Ernährungsforschung. Mechanismen der Geschmackswahrnehmung und ihre Auswirkung auf das Essverhalten. LCI - Moderne Ernährung Heute. 1: 1-5.

**Rehwoldt F. 1911.** Über respiratorische Affektsymptome. Psychol. Studien. 7: 141-195.

**Roper SD. 2007.** Signal transduction and information processing in mammalian taste buds. Pflügers Arch. Eur J Physiol. Springer Verlag. 454: 759-776.

**Rosenbusch J. 2006.** Der Einfluss langer Schwefelwasserstoffreize auf die Atmung von Normalpersonen [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

**Santangelo V, Van der Lubbe RH, Olivetti Belardinelli M, Postma A. 2008.** Multisensory integration affects ERP components elicited by exogenous cues. *Experimental Brain Research*. 185: 269-277.

**Schiebler TH, Hrsg. 2005.** Anatomie. 9. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

**Schmidt RF, Lang F, Hrsg. 2007.** Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie. 30. Aufl. Heidelberg: Springer Verlag.

**Schmidt RF, Schaible HG, Hrsg. 2006.** Neuro- und Sinnesphysiologie. 5. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

**Shea SA, Walter J, Murphy K, Guz A. 1987.** Evidence for individuality of breathing patterns in resting healthy man. *Respiration Physiology*. 68: 331-344.

**Shea SA, Walter J, Pelley C, Murphy K, Guz A. 1987.** The effect of visual and auditory stimuli upon resting ventilation in man. *Respiration Physiology*. 68: 345-357.

**Schiffman SS. 1997.** Taste and smell losses in normal aging and disease. *JAMA*. 278: 1357-1362.

**Sokolov EN. 1963.** Perception and the conditioned Reflex. Elmsford, New York: Pergamon Press.

**Sugita M. 2006.** Taste perception and coding in the periphery. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 63: 2000-2015.

**Wächter R. 2003.** Apparative Umsetzung und Erstellung eines Auswerteverfahrens zur objektiven Olfaktometrie mittels der Respirationsolfaktometrie [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

**Wajnert B. 2003.** Der Einfluss kurzer Schwefelwasserstoff- und 2-Phenylethanolreize auf die Atmung von Normalpersonen [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität.

**Walker JC , Nelson PR, Cain WS, Utell MJ, Joyce MB, Morgan WT, Steichen TJ, Pritchard WS, Stancill MW. 1997.** Perceptual and psychophysiological responses of non-smokers to a range of environmental tobacco smoke concentrations. *Indoor Air.* 7: 173-188.

**Weiß C. 2005.** Basiswissen Medizinische Statistik. 3. Aufl. Heidelberg: Springer Verlag.

## **10 Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Hilmar Gudziol (Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Friedrich-Schiller-Universität Jena) für die Überlassung des Themas und für die wissenschaftliche Betreuung, seine Ratschläge für die Versuchsdurchführung, Auswertung und Abfassung der Arbeit.

Weiterer Dank gilt Frau Dipl.-Math. Antje Brandstädt (Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation der Friedrich-Schiller-Universität Jena) und Herrn Dr. rer. nat. Rüdiger Vollandt (Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation der Friedrich-Schiller-Universität Jena) für die Beratung in Fragen der Statistik.

Zell, den 10.04.2009

Maria Lätzel

## 11 Lebenslauf

### **Persönliche Daten:**

Name: Maria Lätzel  
Geburtsdatum: 19. 03.1984  
Geburtsort: Münchberg  
Familienstand: ledig

### **Schulbildung:**

1990 – 1994 Grundschule, Zell  
1994 – 2003 Gymnasium, Münchberg  
2003 Abitur

### **Hochschulbildung:**

Seit 2003 Studium der Humanmedizin,  
Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Zell, den 10.04.2009

Maria Lätzel

## **12 Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Herr Professor Dr. Hilmar Gudziol

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Zell, den 10.04.2009

Maria Lätzel