



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

**Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg**

**Fakultät Life Science**

Wie wirkt Riechen auf die Herzschlagfolge? Eine experimentelle Studie zum Einfluss von Nahrungsbezug und hedonischer Valenz von Odorantien in Abhängigkeit von Geschlecht, BMI und Hungerigkeit

## **Bachelorthesis**

im Studiengang Ökotrophologie

vorgelegt von

**Alina Muscate**

**Matrikelnummer: 2155490**

Hamburg, 10.02.2017

1. Gutachter: Prof. Dr. Jürgen Lorenz (HAW Hamburg)
2. Gutachter: Prof. Dr. Andrea Bauer (HAW Hamburg)

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer Herrn Lorenz für die spannende Fragestellung und intensive Betreuung bedanken.

Zudem möchte ich meiner Zweitbetreuerin Frau Bauer für die vielen Ratschläge, insbesondere im Bereich der sensorischen Fragestellungen und der Unterstützung bei den Verkostungen meinen Dank ausrichten.

Weiterhin möchte ich mich bei Magali Wagner für die gute Zusammenarbeit bei der Durchführung der Versuchsreihen bedanken.

Mein Dank gilt außerdem den 24 Teilnehmern der Studie für deren Geduld und Engagement bei den durchgeführten Messungen.

Ein großes Dankeschön geht an Herrn Hauck für die technische Unterstützung bei der Aufbereitung der Daten. Auch möchte ich mich bei den zahlreichen Studenten der HAW Hamburg bedanken, welche sich trotz Prüfungszeit bereit erklärten, an der Vorstudie dieser Arbeit teilzunehmen.

Nicht zuletzt bedanke ich mich herzlich bei meiner Familie für die große moralische Unterstützung bei Verfassung dieser Arbeit.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b> .....	<b>1</b>
<b>I Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>II Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>III Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Biologisch-medizinische Grundlagen</b> .....	<b>9</b>
2.1 Olfaktorische Wahrnehmung .....	9
2.2 Olfaktorische Reizaufnahme- und Weiterleitung.....	10
2.3 Das autonome Nervensystem.....	13
2.4 Autonom vermittelte Wirkung von Odorantien auf den Intestinaltrakt .....	16
2.5 Autonome Steuerung der Herz­­tätigkeit .....	18
2.5.1 Das Herz .....	18
2.5.2 Das EKG .....	18
2.5.3 Die Herzratenvariabilität .....	22
2.6 Kennwerte der HRV-Methode .....	25
2.6.1 Methoden des Zeitbereichs .....	25
2.6.2 Methoden des Frequenzbereichs .....	25
2.6.3 Nonlineare Methoden .....	27
<b>3 Material</b> .....	<b>29</b>
3.1 Vortest .....	29
3.2 Studie.....	30
<b>4 Methoden</b> .....	<b>32</b>
4.1 Vortest .....	32
4.1.1 Fragebogen.....	32
4.1.2 Durchführung .....	33
4.1.3 Auswertung .....	33
4.2 Studie.....	33
4.2.1 Studienteilnehmer .....	33
4.2.2 Vorbereitung der Aromen .....	34
4.2.3 Psychologische Messung.....	34

4.2.4 Physiologische Messung .....	35
4.2.5 Statistische Auswertung der psychologischen Messparameter .....	36
4.3.4 Aufbereitung der EKG- Daten .....	36
4.3.5 Statistische Auswertung der physiologischen Messparameter .....	37
<b>5 Ergebnisse .....</b>	<b>38</b>
5.1 Vortest .....	38
5.2 Studie.....	40
5.2.1 Psychologische Messparameter .....	40
5.2.2 Physiologische Messparameter .....	46
<b>6 Diskussion .....</b>	<b>54</b>
<b>7. Fazit .....</b>	<b>60</b>
<b>10 Anhang .....</b>	<b>65</b>
10.1 Ethikantrag.....	65
10.2 Genehmigung der Studie .....	76
10.3 Fragebogen des Vortestes.....	77
10.4 Verteilungsplan der Proben (Vortest).....	78
10.5 Informations-und Aufklärungsbogen .....	80
10.5 Einverständnis- und Datenschutzerklärung .....	83
10. Erhebungsblatt für persönliche Daten der Studienteilnehmer.....	85
10.7 Verwendete subjektive Ratingskalen .....	86
10.8 Verteilungsplan der Proben (Studie).....	88

# I Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Reizaufnahme und Weiterleitung .....	11
Abbildung 2: Zentrale Verschaltung der Duftstoffinformation .....	13
Abbildung 3: Überträgerstoffe und zugehörige Rezeptoren von Sympathicus und Parasympathicus.....	14
Abbildung 4: Aufbau und Funktionen des Autonomen Nervensystems.....	15
Abbildung 5: Vermittlung kephaler Reaktionen über den Nervus Vagus .....	17
Abbildung 6 : Phasen der Herzerregung im EKG .....	20
Abbildung 7: Depolarisation und Repolarisation des Herzens.....	21
Abbildung 8: Variation der Abstände zwischen den QRS-Komplexen.....	22
Abbildung 9: Autonome Steuerung der Herztätigkeit.....	24
Abbildung 10 Frequenzbasierte HRV-Analyse .....	27
Abbildung 11: Poincare Plot .....	28
Abbildung 12: Akzeptanz ausgewählter Odorantien im T-Test-Vergleich.....	39
Abbildung 13: Nahrungsbezug ausgewählter Odorantien im T-Test-Vergleich .....	40
Abbildung 14: Unterschiede in der Akzeptanz der Odorantien .....	41
Abbildung 15: Unterschiede im Nahrungsbezug der Odorantien.....	42
Abbildung 16: Vertrautheit der Odorantien bei Männern und Frauen .....	43
Abbildung 17: Akzeptanz der Odorantien bei Männern und Frauen.....	44
Abbildung 18: Nahrungsbezug der Odorantien bei Männern und Frauen .....	45
Abbildung 19: Habituation bei Männern und Frauen .....	45
Abbildung 20: Habituation bei Männern und Frauen nach Kategorien .....	46
Abbildung 21: Abbildung RR-Funktion im dreiminütigen EKG-Messverlauf .....	47
Abbildung 22: HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung. ....	48
Abbildung 23: HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung bei Frauen .....	48
Abbildung 24: HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung bei Männern .....	49
Abbildung 25: HF Power in Abhängigkeit von Atemmodus, Hedonik und Nahrungsbezug bei Männern und Frauen.....	50
Abbildung 26: Relation von Hungrigkeit und HF Power.....	51
Abbildung 27: Relation von HF Power und BMI .....	51

Abbildung 28: LF Power in Abhängigkeit von Atemmodus, Hedonik und Nahrungsbezug bei Männern und Frauen.....52

Abbildung 29: BMI und der Effekt des Nahrungsbezuges auf die LF Power .....53

## II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Für den Vortest ausgewählte Odorantien .....29

Tabelle 2: In der Studie verwendete Odorantien .....30

Tabelle 3: Attributkombinationen und Odorantien .....32

## III Abkürzungsverzeichnis

ANS	Autonomes Nervensystem
DMNX	Dorsaler Motor Nukleus
DVC	Dorsaler vagaler Komplex
EKG/ECG	Elektrokardiogramm
HF	High frequency
H+/H-	Hedonisch angenehm/ Hedonisch unangenehm
HRV	Herzratenvariabilität
LF	Low frequency
N+/N-	Nahrungsbezogen/ nicht nahrungsbezogen
NTS	Nucleus tractus solitarii
RSA	Respiratorische Sinusarrhythmie
SD	Standardabweichung
PSD	Power spectral density

# 1 Einleitung

Obgleich dem Geruchsorgan in der Medizin eine vergleichsweise geringe Bedeutung zugeschrieben wird und Gerüche oft unterbewusst wahrgenommen werden, zeigen verschiedene Studien einen bedeutenden Einfluss von Geruchreizen auf unser Wohlbefinden, unsere Stimmung und unser Verhalten.

Stressreduzierende, stimmungserhellende und anregende Wirkungen von Gerüchen werden im therapeutischem Umfeld vornehmlich komplementär-medizinischer Ansätze genutzt. Auch in Produktentwicklung und Konsumforschung, sowie in der Arbeitswelt widmet man sich zunehmend den Möglichkeiten, menschliches Wohlbefinden und Verhalten durch Geruchreize positiv zu beeinflussen.

Entwicklungsgeschichtlich spielen Geruchswahrnehmungen eine wichtige Rolle bei der Steuerung des Essverhaltens. Auch beim Menschen wirken Geruchswahrnehmungen bewusst oder unbewusst bei der Bildung von Nahrungsmittelpräferenzen mit. Dem olfaktorischen System kommt eine entscheidende Rolle zu, die Nahrungsaufnahme anzuregen oder zu unterdrücken. (Lushak et al., 2015).

Die Funktion des Riechens beim Essverhalten ist eng an limbische Gehirnareale geknüpft (Sugawara et al., 2013), welche über reziproke Bahnen in Verbindung zum autonomen Nervensystem stehen. Das autonome Nervensystem steuert über die Afferenzen und Efferenzen seines parasympathischen bzw. sympathischen Systems unwillkürlich eine Vielzahl vegetativer Körperfunktionen.

Der Vagus, Hauptnerv des Parasympathikus, ist der wesentliche Vermittler kephaler Reaktionen auf lebensmittelbezogene Odorantien mit Anregung der Verdauungsfunktionen (Treff, 1996). Odorantien entfalten ihren Einfluss über den Vagus auf intestinale Hormone, die das Sättigungsgefühl vermitteln (Kitamura et al., 2010). Demgegenüber stehen Belege, dass das Sättigungsgefühl nach einer Mahlzeit mit einer gesteigerten sympathischen Aktivität in Verbindung steht (Harthoorn und Dransfield, 2008).

Eine Studie konnte zeigen, dass adipöse Patienten ein vermindertes Riechvermögen aufweisen und dass dieser Befund mit einer reduzierten Ausschüttung von Ghrelin einhergeht (Fernández-Aranda et al., 2016). Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen Riechvermögen und Essstörungen jedoch noch wenig beforscht.

Es ist fraglich, ob bei Personen mit Essstörungen eine autonome Störung bei der olfaktorischen Reizverarbeitung vorliegt.

Die vorliegende Arbeit versucht, das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus bei der Verarbeitung von Odorantien anhand der Wirkung auf die Herzschlagfolge anhand eines Elektrokardiogramms (EKG) zu analysieren.

Die sogenannte Herzratenvariabilitätsanalyse (HRV) erfasst mit quantitativen Methoden die Unregelmäßigkeit der Herzschlagabfolge. Diese lässt sich aus den Abständen aufeinander folgender QRS-Komplexe (RR Intervalle) im Elektrokardiogramm ermitteln. Der Sympathikus beschleunigt, der Parasympathikus verlangsamt den Herzschlag. Das Zusammenspiel wird als sympathovagale Balance bezeichnet. Die vom Vagus erzeugte Herzratenvariabilität ist atemabhängig und wird als respiratorische Sinusarrhythmie bezeichnet (RSA). Die vagal vermittelte RSA und die sympathisch vermittelte HRV ermitteln sich über eine Spektralanalyse durch Aufschlüsselung der Frequenzanteile der HRV unter grafischer Darstellung ihrer anteiligen Power (Shaffer et al., 2014).

Interessanterweise wurde festgestellt, dass bei jugendlichen Mädchen mit unkontrolliertem Essverhalten die HRV kurz vor dem Essanfall abnorm vermindert ist (Ranzenhofer et al., 2016). Zudem wurde ein die HRV erhöhender Effekt angenehmer Odorantien nachgewiesen (Köteles et al. 2014). Bei Säuglingen zeigte sich ein schmerzmodulierender Effekt von vertrautem Muttermilchgeruch anhand einer Erhöhung der HRV (Neshat et al., 2016).

Ziel der eigenen Studie und vorliegenden Arbeit war es, ein Versuchsaufbau zu konzipieren, mit dem die Wirkung von Odorantien auf das vegetative Nervensystem anhand einer HRV-Analyse untersucht werden kann.

Hierzu wurden Odorantien hinsichtlich a) hedonischer Valenz (präferiert vs nicht präferiert) und b) kognitivem Kontext (mit Lebensmittelbezug vs. ohne Lebensmittelbezug) in ihrem Einfluss auf die sympathovagale Balance über eine EKG-basierte Herzratenvariabilitätsanalyse bei 24 Gesunden (12 Männer, 12 Frauen) hin geprüft. Die für die Studie verwendeten Proben wurden in einer Vortestung an 66 Testpersonen auf signifikante Unterschiede in a) der hedonischen Valenz und b) dem Nahrungsbezug untersucht. Ferner wurde der Frage nachgegangen, ob Geschlecht, BMI und Hungergefühl die Wirkungen von Odorantien auf HRV-Parameter beeinflussen. Über visuelle Analogskalen und

Likertskalen wurde Intensität, Nahrungsbezug, Hedonik, Akzeptanz, Vertrautheit und Appetitlichkeit abgefragt. Die EKG-Daten wurden mit einer standardisierten Software (Kubios-HRV) zur Erfassung der HRV-Kennwerte ausgewertet. Um die Wirkung der Odorantien gezielt nachzuweisen, wurden Epochen mit riechender Nasenatmung und nicht-riechender Mundatmung systematisch abgewechselt.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich folgendermaßen: Der biologisch-medizinische Grundlagenteil beschreibt die olfaktorischen Reizaufnahme und Weiterleitung, die Funktionen des autonomen Nervensystems, Zusammenhänge der autonomen Vermittlung der Wirkung von Odorantien auf den Intestinaltrakt sowie die autonome Steuerung der Herztätigkeit mit Entstehung der Herzratenvariabilität und dessen Kennwerte. Im empirischen Teil folgt die Vorstellung der experimentellen Studie mit Beschreibung der Materialien, Methoden und Ergebnisse und anschließender Diskussion. Die Arbeit schließt mit einem Fazit.

## 2 Biologisch- medizinische Grundlagen

### 2.1 Die Olfaktorische Wahrnehmung

Die Bedeutung des olfaktorischen Systems bei der Interaktion mit der Umwelt lässt sich im Tierreich gut verdeutlichen. Das olfaktorische System steuert die Nahrungssuche, soziale Interaktion mit Artgenossen sowie die Detektion von Gefahrenquellen. Bei Säugetieren konnten 1000 Gene identifiziert werden, die 347 verschiedene Rezeptoren codieren. Der Mensch kann bis zu 10000 verschiedene Gerüche unterscheiden (Sugawara et al., 2013).

Trotz dieser bemerkenswerten Differenzierungsfähigkeit benutzt der Mensch den Geruchssinn im Gegensatz zum Seh- und Gehörsinn weitaus weniger um sein Verhalten bewusst zu steuern. Vielmehr steht die hedonische Bewertung von Gerüchen im Vordergrund also ob ein Reiz als angenehm oder unangenehm empfunden wird (Agapakis et al., 2012).

Die Bewertung von Gerüchen ist neben den physikalisch-chemischen Attributen des Reizes stark von psychologischen Faktoren abhängig. Sowohl vorherige Erfahrungen, der kognitive Kontext, als auch die gleichzeitige Verarbeitung von Sinnesreizen aus einer anderen, insbesondere der visuellen Modalität, beeinflusst die emotionalen Verarbeitungsprozesse beim Riechen (Agapakis et al., 2012, Sugawara et al., 2013).

Seit die Nobelpreisträger Linda B. Buck und Richard Axel 1991 die Gene identifizierten, welche für die Geruchrezeptoren codieren (Buck, Axel, 1991), wurden die olfaktorischen Reizaufnahme- und Weiterleitungsprozesse zum Gehirn sowie die an der Verarbeitung von Gerüchen beteiligten Gehirnareale eingehend beforscht.

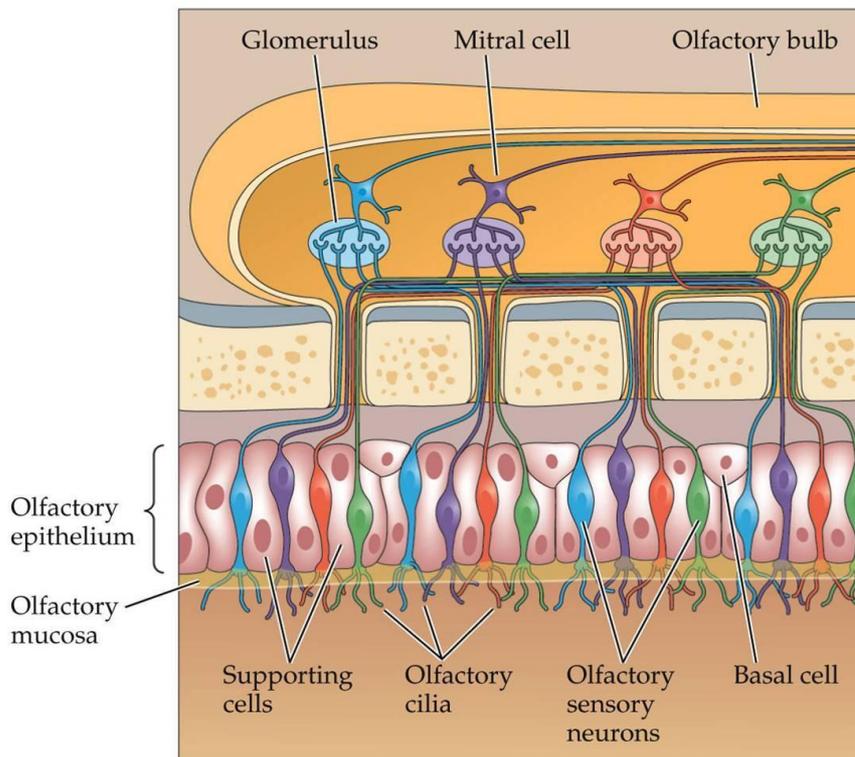
## 2.2 Olfaktorische Reizaufnahme-und Weiterleitung

Der Riechprozess beginnt mit dem Einatmen der Gerüche durch die Nasenhöhle und oder alternativ der Diffusion der Gerüche vom Mund in die Nasenhöhle (Angelucci et al., 2014).

Die Riechschleimhaut in der Nasenhöhle setzt sich aus Basalzellen, Stützzelle und Sinneszellen zusammen. Unter der Riechschleimhaut befinden sich Drüsen, deren Sekret die Lösung und Entfernung von Riechstoffen bewirken. Die Sinneszellen werden alle paar Wochen erneuert. Sie weisen an ihren oberen Enden eine Verdickung, den Riechkolben auf. Ihre unteren Fortsetze verlaufen durch eine siebartige Knochenplatte im Bereich der vorderen Schädelgrube. Die Fortsätze stellen das erste Neuron der Riechbahn dar und enden synaptisch an den Nervenzellen des Bulbus Olfactorius. Auf dem Riechkolben befinden sich zahlreiche Geruchshärchen, auf denen die Geruchrezeptoren lokalisiert sind (Faller, Schünke 2016).

Es liegt eine geringe Spezifität der Rezeptoren vor: Jeder Rezeptor reagiert auf eine große Menge verschiedener Geruchmoleküle und jedes Geruchmolekül kann mit verschiedenen Rezeptoren interagieren. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Duftmoleküle bestimmen die Rezeptoraffinität. Die angelagerten Duftmoleküle bilden eine Matrix auf der Oberfläche des Riechepithels. Die Matrix ist wesentlich für die nachfolgende Interpretation/Decodierung der Düfte. Das Binden der Duftmoleküle an den Rezeptoren bewirkt die Aktivierung eines G-Proteins, welche eine intrazelluläre Signalkaskade einleitet: Durch den Einstrom von Ionen depolarisiert die Zelle (Angelucci et al., 2014).

Das elektrische Potential wird durch synaptische Übertragung über das erste Neuron zum Bulbus Olfactorius weitergeleitet. Hier konvergieren die Signale der Axone von den Riechzellen mit dem gleichen Rezeptortyp (siehe Abb. 1) und werden über ein zweites Neuron der Riechbahn synaptisch verschaltet.



**Abbildung 1: Reizaufnahme und Weiterleitung.** Odorantien bilden eine Matrix auf der Oberfläche des Riechepithels. Axone der Riechzellen mit gleichem Rezeptortyp konvergieren am Glomerulus und werden weiter verschaltet.

(Abb. aus: <https://classconnection.s3.amazonaws.com/350/flashcards/2119350/jpg/picture11366102868673.jpg>; aufgerufen am 8.02.17)

Ein Überblick über die anschließende zentrale Verschaltung der Duftstoffinformation gibt Abbildung 2. Das Axon des zweiten Neurons zieht als Tractus Olfactorius weiter nach okzipital und teilt sich anschließend in Stria Olfactoria medialis und lateralis. Die dritten Neuronen projizieren von der Stria Olfactoria Lateralis in der Area preperiformis (primäre Riechrinde) über den Thalamus zum orbitofrontalem Cortex bzw. über Neurone im Cortex periamygdaloideus zum Hypothalamus.

Von der Stria Olfactoria medialis projizieren Bahnen zum Hippocampus und zur Habenula. Zudem gibt es kreuzende Fasern im Trigonum Olfactorium mit Weiterleitung der Afferenzen zum Bulbus Olfactorius. Eine Besonderheit der Riechbahn ist die Projektion der Afferenzen zu Cortexarealen wie der Riechrinde ohne Einschaltung des Thalamus (Schünke et al., 2009).

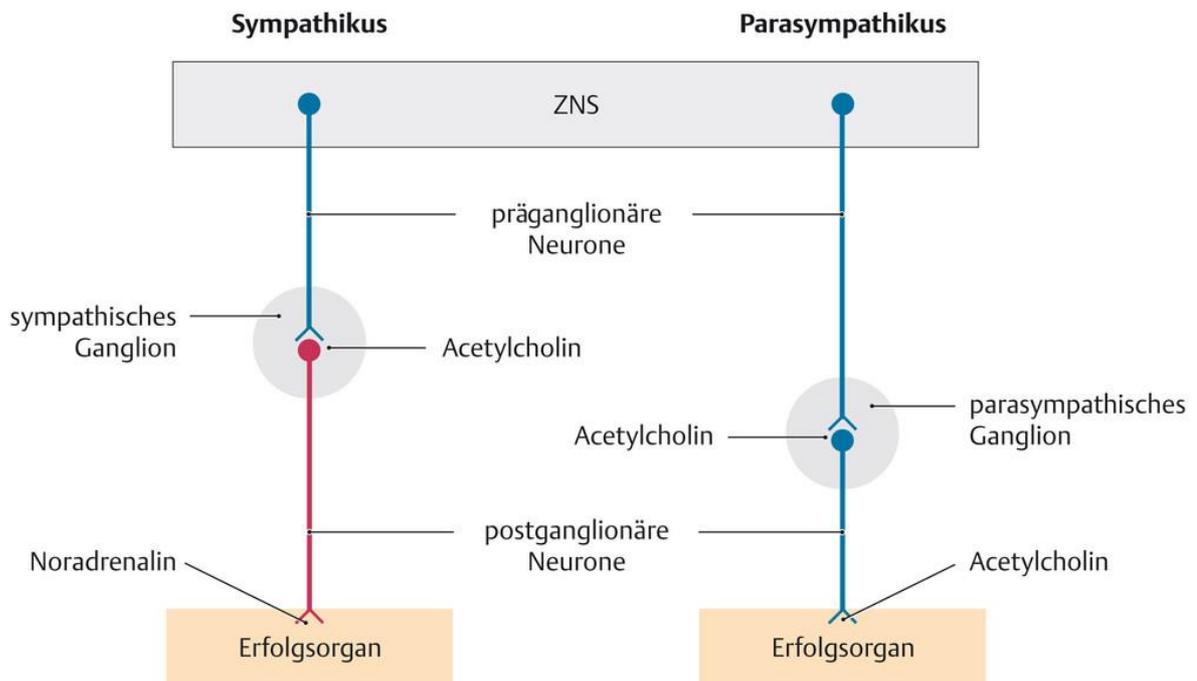
Der Thalamus ist die zentrale subkortikale Sammel- und Umschaltstelle für alle der Großhirnrinde zulaufenden sensiblen-sensorischen Erregungen aus der Umwelt- und Innenwelt („Tor zum Bewusstsein“) und wirkt ein Filter, der nur für den Organismus

bedeutsame Erregungen passieren lässt (De Gruyter et al., 1994). Die starke emotionale Einfärbung von Geruchsreindrücken ist auf die umfangreiche Projektion der Stria olfactoria auf Neurone des limbischen Systems zurückzuführen (Schünke et al., 2009).

Das limbische System ist eine funktionelle Einheit, gebildet aus Strukturen des Großhirns, Zwischenhirns und Mittelhirn. Es ist für die Regulation des Trieb- und Affektverhalten und für Lernen und Gedächtnis von wichtiger Bedeutung. In ihm werden Gefühle und emotionale Reaktionen unter Beteiligung der Großhirnrinde, Thalamus und Hypothalamus gebildet (Faller, 2016).

Über den Hypothalamus beeinflussen die Erregungen des limbischen Systems zahlreiche vegetative Organfunktionen. Der Hypothalamus spielt bei der Steuerung zahlreicher physiologischer und psychologischer Lebensvorgänge eine wichtige Rolle. Über hochspezialisierte Rezeptoren kontrolliert der Hypothalamus verschiedene Körperfunktionen (Körpertemperatur, Wasserhaushalt, Kreislauffunktionen, Gastrointestinaltrakt, Blasenfunktion) und als Durst-Hunger- und Sättigungszentrum auch die Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme zur Aufrechterhaltung der Homöostase. Die Steuerung erfolgt hormonell über das Blut oder nerval, womit der Hypothalamus ein Bindeglied zwischen Hormonsystem und Nervensystem darstellt (Bierbach, 2009).





**Abbildung 3: Überträgerstoffe und zugehörige Rezeptoren von Sympathicus und Parasympathicus**

(Abb. aus: [https://eref.thieme.de/referenz-webapp/images/s/867572\\_25.jpg](https://eref.thieme.de/referenz-webapp/images/s/867572_25.jpg); aufgerufen am 8.02.17)

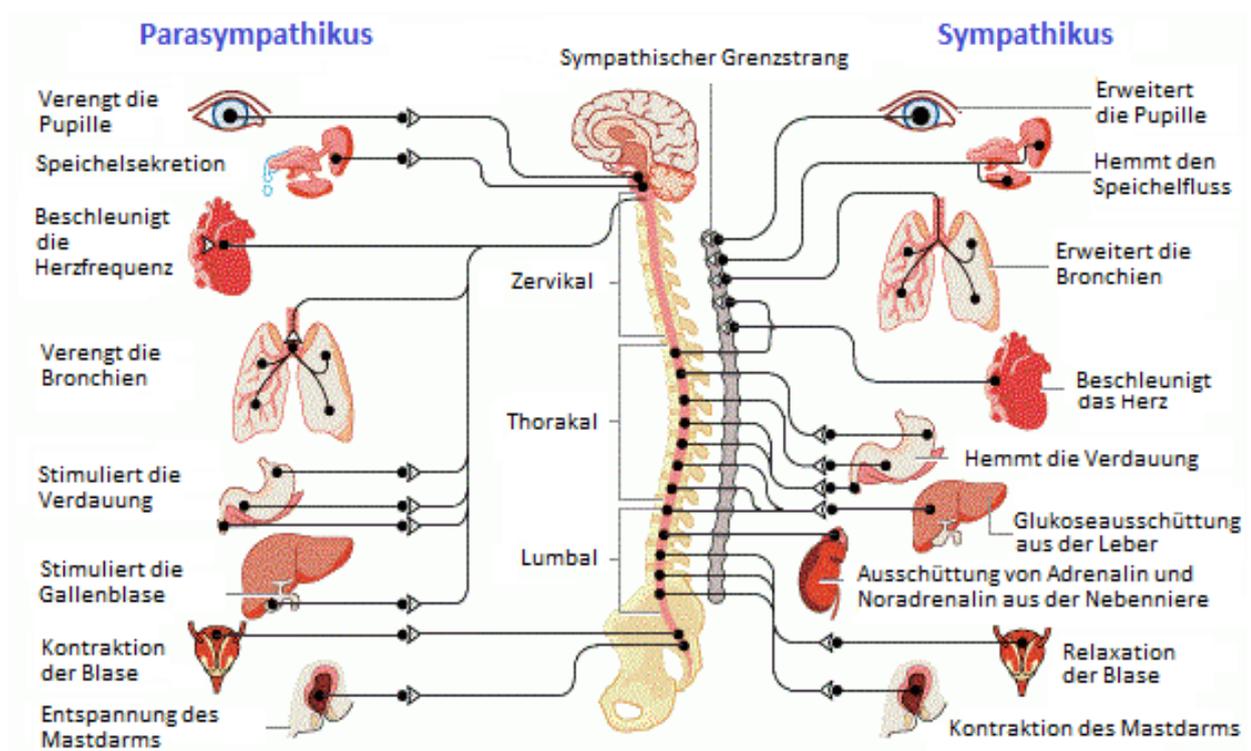
Obwohl Sympathicus und Parasympathicus an unterschiedlichen Stellen des zentralen Nervensystems austreten, bilden sie eine enge funktionelle und strukturelle Einheit.

Den Kernfunktionen des Parasympathicus (*Rest & Digest*) stehen denen des Sympathicus (*Fight and Flight*) gegenüber (Bierbach, 2009). Diese sind in Abbildung 4 gegenübergestellt.

Das Sympathische System erhöht die körperliche Leistungsfähigkeit.

Es bewirkt eine Erhöhung des Blutdruckes, eine Beschleunigung der Herzfrequenz, die Erweiterung der Bronchien und Pupillen, eine vermehrte Durchblutung der Skelettmuskulatur, die Aufstellung der Haare, eine vermehrte Schweißabsonderung, die Dämpfung der Darmperistaltik, eine Verminderung der Sekretion der intestinalen Organe, und eine Erhöhung des Energiestoffwechsels. Dabei werden katabole (abbauende) Prozesse eingeleitet, die mit einer Gewichtsabnahme einhergehen.

Das parasympathische System innerviert die Nahrungsaufnahme und die körperliche Regeneration. Es bewirkt die Absenkung des Blutdruckes, Verlangsamung des Herzschlags und der Atemfrequenz. Es leitet Verdauungsprozesse ein (Verstärkung der Speichelsekretion und Darmperistaltik sowie weiteren Verdauungsfunktionen, Förderung der Darm- und Blasenentleerung) und führt zu einer Verengung der Pupillen. Dabei werden anabole (aufbauende) Prozesse eingeleitet, die mit einer Gewichtszunahme verbunden ist (Faller, Schünke, 2016).



**Abbildung 4: Aufbau und Funktionen des autonomen Nervensystems**

(Abb. aus: [http://www.chir.it/images/anatomy/ans\\_de.png](http://www.chir.it/images/anatomy/ans_de.png); aufgerufen am 8.02.17)

Durch das Zusammenspiel von Sympathicus und Parasympathicus erfolgt eine optimale Anpassung an wechselnde Bedürfnisse. Auf Grundlage von Reflexregelkreisen werden durch Feedbacksignale verschiedener Organe an das ZNS die autonomen Funktionen verändert, um den physiologischen Zustand anzupassen (Buijs, 2013).

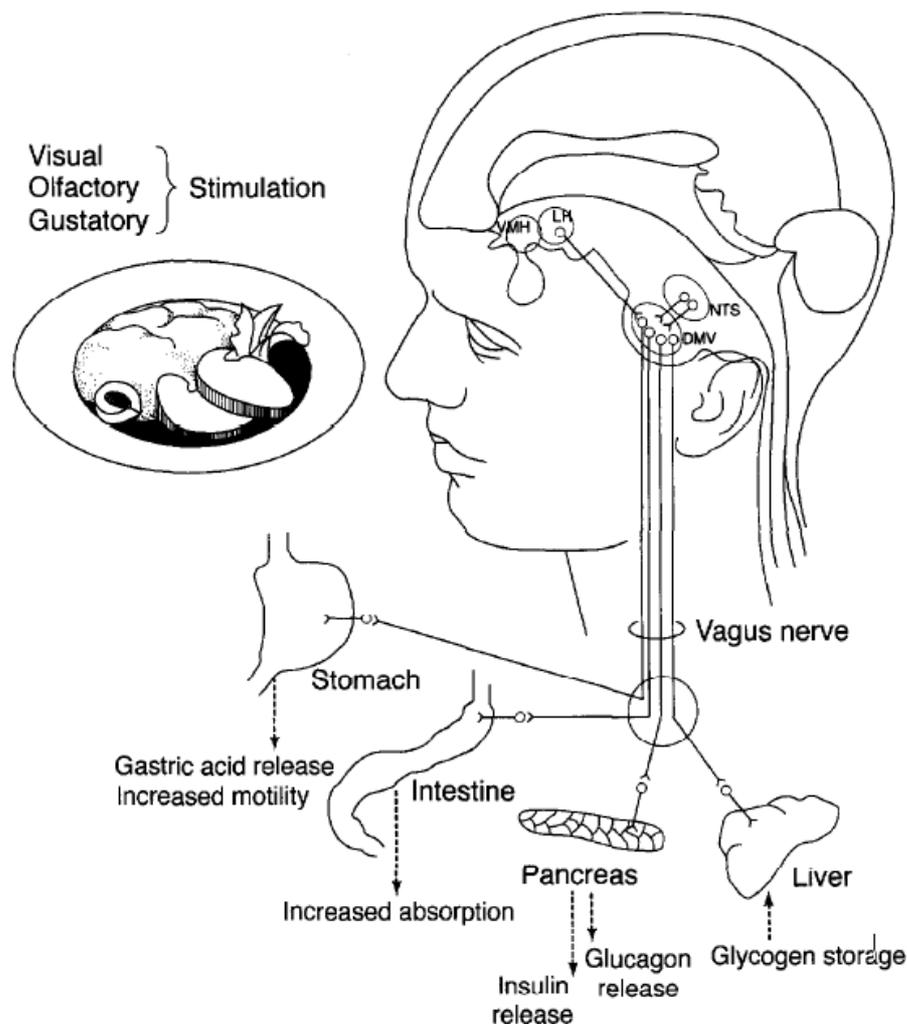
Odorantien entfalten ihre Wirkung auf autonome Funktionen höchstwahrscheinlich über den Hypothalamus (Kitamura, 2010).

## **2.4 Autonom vermittelte Wirkung von Odorantien auf den Intestinaltrakt**

Lebensmittelbezogene Odorantien sind bekannt dafür, sogenannte kephale Reaktionen auszulösen (Teff, 1996). Die kephale Phase ist eine die Nahrungsaufnahme vorwegnehmende Anpassungsreaktion des Körpers auf lebensmittelbezogene Stimuli. Sie bereitet den Körper auf einen effizient ablaufenden Verdauungs-, Absorptions- und Verstoffwechslungsprozess vor und steuert die Essensaufnahme (Power 2007).

In verschiedenen Studien konnte, unter Einfluss von Gerüchen, die Bildung von Speichel, Magensaft,- und Bauchspeicheldrüsensekret, sowie veränderte Konzentrationen von Cholecystokinin (CCK), Insulin und Glucagon nachgewiesen werden (Treff, 1996).

Der Vagus, der Hauptnerv des Parasympathicus, gilt als der wesentliche Vermittler kephaler Reaktionen (Power 2007). Abbildung 5 veranschaulicht, inwiefern der Vagus über seine Efferenzen und Afferenzen zwischen Intestinaltrakt und zentralem Nervensystem die Wirkungen von Odorantien vermittelt. Odorantien bewirken über Efferenzen des Vagus die Bildung von Magensäure, Veränderung der Magenmotilität, die Ausschüttung von Hormonen und Enzymen des Pankreas und beeinflussen die intestinale Absorption von Nährstoffen (Treff, 1996). Verschiedene Peptide wie CCK und Ghrelin regulieren über Afferenzen des Vagus die Nahrungsaufnahme, und kontrollieren die Motilität und Sekretion (Dockray, 2013).



**Abbildung 5: Vermittlung kephaler Reaktionen über den Nervus Vagus (Treff, 1996)**

Der Mittelpunkt des Wirkmechanismus der kephalen Reflexe über dem Vagus ist der dorsale vagale Komplex (DVC) in der Medulla Oblongata, und besteht aus dem dorsalem Motor Nucleus (DMNX), dem Nucleus tractus solitarii (NST) und der Area postrema (AP). Der zentrale Nucleus der Amygdala (CeA) und der orbitofrontale Cortex empfangen olfaktorische Signale (siehe auch Abschnitt Reizaufnahme und Verarbeitung) und projizieren direkt zum DVC oder zunächst zum lateralen Hypothalamus mit dessen assoziierten hypothalamischen Regionen, welche ebenfalls zum DVC projizieren. Zudem gibt es einen Einfluss höherer limbischer Hirnareale auf den DVC.

Die präganglionäre Motoneurone des DMNX ziehen zu Organen des Intestinaltraktes. Primäre vagale Afferenzen des Intestinaltraktes ziehen zurück zum

NST. Der NST sendet zudem Signale zum Hypothalamus und dem CeA und beeinflussen somit deren Projektionen zurück zum DVC (Powley, 2000).

Auch beeinflusst die NST über parasympathische und sympathische Neurone die Herztätigkeit (Thayer, 2008).

## **2.5 Autonome Steuerung der Herztätigkeit**

### **2.5.1 Das Herz**

Das Herz kann als Motor des Kreislaufs beschrieben werden, da es durch seine kontinuierliche Pumpleistung einen ständigen Blutfluss im Körper gewährleistet.

Im zweiphasigen Herzzyklus wird das Blut schubweise durch Kontraktion (Systole) und Erschlaffung (Diastole) des Kammermyokards in Truncus pulmonales und Aorta getrieben. Die Muskeln des Arbeitsmyokards werden durch das Reizleitungssystem des Herzens bestehend aus spezialisierten Muskelzellen erregt (Faller 2016).

Grundsätzlich kann das Herz die Pumpleistung ohne äußere Steuerung verrichten. Das autonome Erregungszentrum, der Sinusknoten, kann unabhängig von äußeren Einflüssen Herzpotentiale erzeugen. Er generiert als primärer Herzschrittmacher eine Herzfrequenz von 60-70 Schlägen pro Minute. Die Erregung überträgt sich vom Sinusknoten über die Vorhofmuskelatur auf den AV-Knoten und über das HIS-Bündel zum Kammermyokard. Im Kammermyokard verläuft die Erregung über die Tawara-Schenkel entlang des Kammerseptums spitzwärts und verteilt sich über die Purkinjefasern im ganzen Kammermyokard wodurch die Herzmuskulatur kontrahiert (Shaffer et al., 2014).

Dieser Vorgang kann über ein EKG aufgezeichnet werden.

### **2.5.2 Das EKG**

Die Erstellung eines Elektrokardiogramms ist ein diagnostisches Verfahren, welches Aussagen über Bildung, Ausbreitung und Rückbildung der elektrischen Erregung über Vorhof- und Kammermyokard gibt.

Grundlage ist der elektrische Spannungsunterschied von ca. 120 mV zwischen einer erregten und einer unerregten Stelle der Herzmuskelatur, das sich als elektrisches Feld bis zur Hautoberfläche ausbreitet. Durch die sachgerechte Anordnung von Elektroden auf der Haut z.B. nach Einthoven kann der elektrische Spannungsunterschied erfasst und als EKG-Kurve digitalisiert werden (Faller, Schünke, 2016). Die einzelnen Phasen der Erregungsausbreitung (siehe Abbildung 7) setzen sich im EKG folgendermaßen zusammen (siehe Abbildung 6):

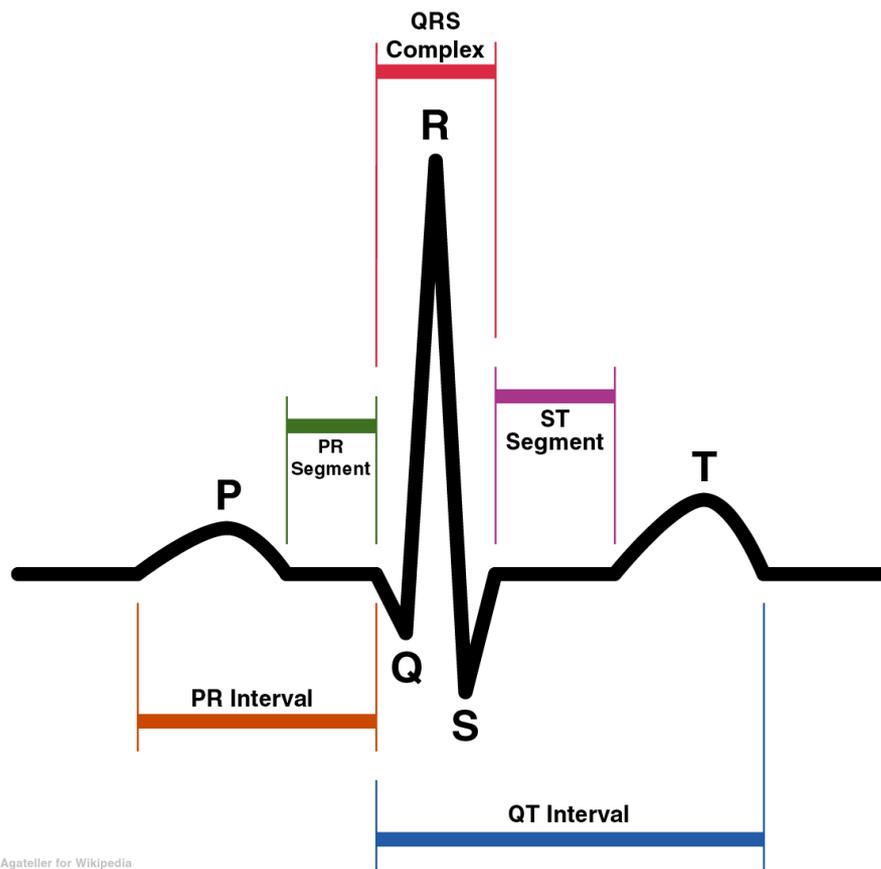
**P-Welle:** Erregungsausbreitung der Vorhöfe

**PQ- Intervall:** Beginn der Vorhoferregung bis zum Beginn der Kammererregung

**QRS-komplex:** Beginn der Kammererregung

**QT-Intervall:** Zeit, die beide Kammer zur Repolarisation benötigen

**T-Welle:** Ende der Kammererregung

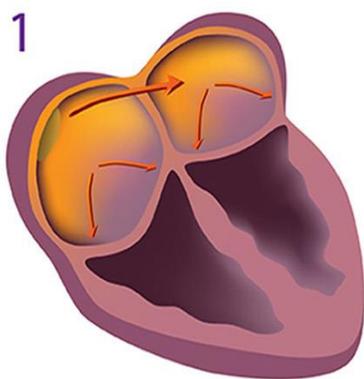
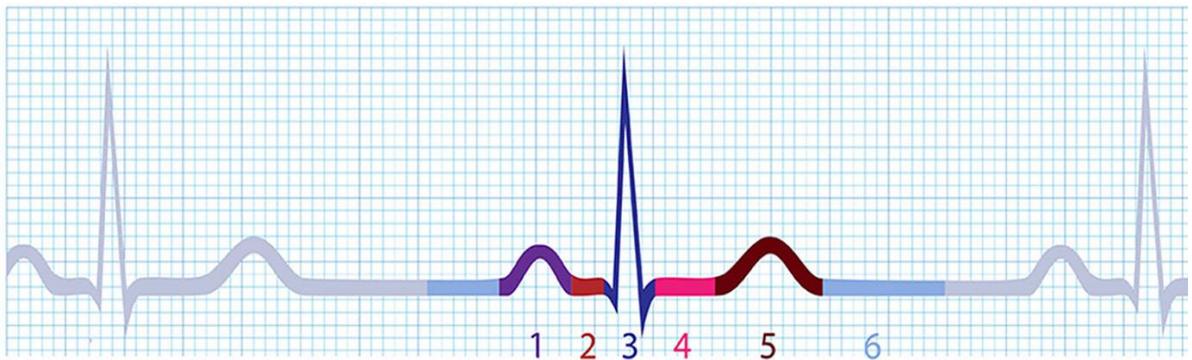


Agateller for Wikipedia  
Public Domain

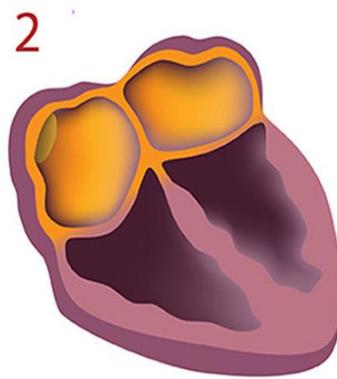
**Abbildung 6 : Phasen der Herzerregung im EKG**

(Abb. aus: <http://medictests.com/wp-content/uploads/2011/05/SinusRhythmLabels.png>; aufgerufen am 8.02.17)

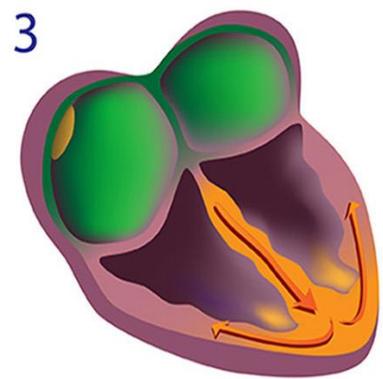
# ECG and electrical activity of the myocardium



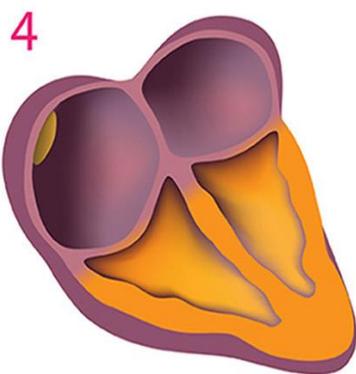
Atrial depolarization begins



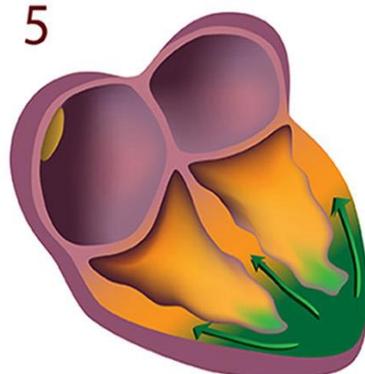
Atrial depolarization complete



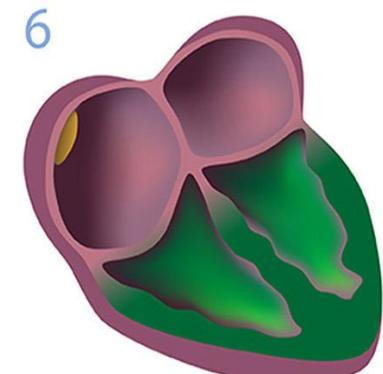
Ventricular depolarization begins  
Atria repolarize



Ventricular depolarization complete



Ventricular repolarization begins



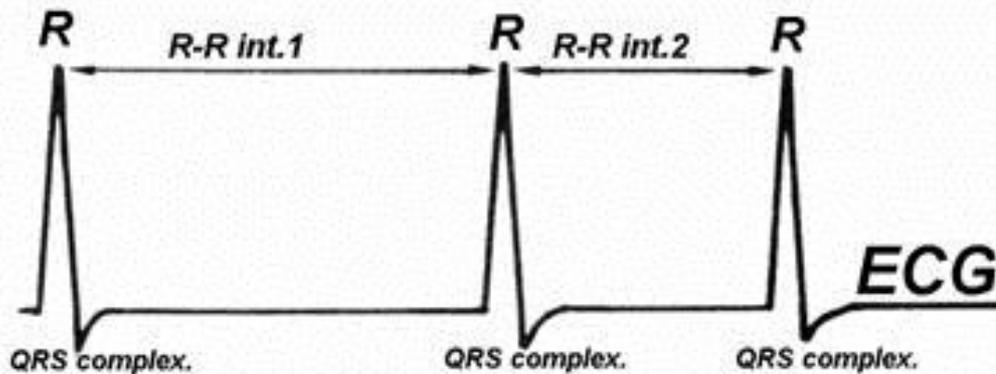
Ventricular repolarization complete

■ = Depolarization

■ = Repolarization

Abbildung 7: Depolarisation und Repolarisation des Herzens. (Shaffer, 2014).

Bei der Aufzeichnung des EKGs an einem Gesunden ist festzustellen, dass der Abstand zwischen den QRS-Komplexen (RR-Intervalle) von Herzschlag zu Herzschlag variiert. Dieses Phänomen wird als Herzratenvariabilität bezeichnet.



**Abbildung 8: Variation der Abstände zwischen den QRS-Komplexen**

(Abb. aus: <http://www.qhrv.de/img/dt/img/pecg.jpg>, aufgerufen am 8.02.17)

### 2.5.3 Die Herzratenvariabilität

Die HRV definiert sich über die Variation der Zeitintervalle zwischen den einzelnen Herzschlägen (Acharya, 2006).

Der Sympathicus beschleunigt über den Überträgerstoff Noradrenalin die Herzfrequenz durch Herabsetzung des elektrischen Erregungspotential am Sinusknoten den Herzschlag, der Parasympathicus verlangsamt über Acetylcholin die Herzfrequenz mit einer Erhöhung des elektrischen Erregungspotentials am Sinusknoten. Dabei spiegelt die Herzrate für jeden gegebenen Moment den Nettoeffekt der bremsenden Wirkung vagaler Nerven und der beschleunigenden Wirkung der sympathischen Nerven wieder. Das Zusammenspiel von Sympathicus und Parasympathicus auf das Herz wird als sympathovagale Balance bezeichnet: Nimmt die Aktivität des einen Systems zu, geht die des anderen Systems zurück.

Unter Ruhebedingungen überwiegt die Aktivität des Parasympathicus und führt zu einer Herzrate von ca. 75 Schlägen pro Minute (bpm).

Der Parasympathicus wirkt unmittelbar ( $<1$  s) und abhängig von der Herzzyklusphase bremsend auf die Herzrate und seine Wirkung verliert sich bereits nach wenigen Herzschlägen. Der Sympathicus entfaltet seine Wirkung dagegen

verzögert (>5 s) wobei diese circa fünf bis zehn Sekunden andauern kann. (Shaffer, 2014)

Barorezeptoren der herznahen Arterien dienen der Blutdruckregulierung und senden bei Aktivierung Signale zur NST. Über die NST (siehe Abbildung 9) kommt es zur Aktivierung der vagalen inhibitorischen Wirkung auf das Herz und zu einer Inhibition der sympathoexzitatorischen Neuronen auf das Herz, zu einer Verlangsamung der Herzrate. Fällt der Blutdruck ab, so kommt es durch die Inaktivierung der Barorezeptoren zu einer Abnahme der bremsenden Wirkung des Vagus auf das Herz, bei gleichzeitig nachlassender Inhibition der beschleunigenden Wirkung des Sympathicus auf das Herz zu einem Anstieg der Herzrate.

Der Vagus erzeugt zudem atemsynchron die kurzfristigen Schwankungen in der Herzfrequenz bei ca. 0,15-0,4 Hz, die sogenannte respiratorische Sinusarrhythmie: Bei der Einatmung beschleunigt sich der Herzschlag, bei der Ausatmung verlangsamt er sich. Verursacht wird dies durch pulmonale Dehnungsrezeptoren in der Lunge welche bei der Ausatmung durch den entstehenden Unterdruck im Thorax eine Steigerung der vagalen Einflüsse am Sinusknoten bewirken. (siehe Abb. 9). (Shaffer, 2014)

Höhere Hirnzentren (Amygdala, Cortex und Hypothalamus; siehe Abbildung 9) wirken zudem über den NTS oder direkt über sympathische Neurone auf das Herz. (Thayer, 2008)

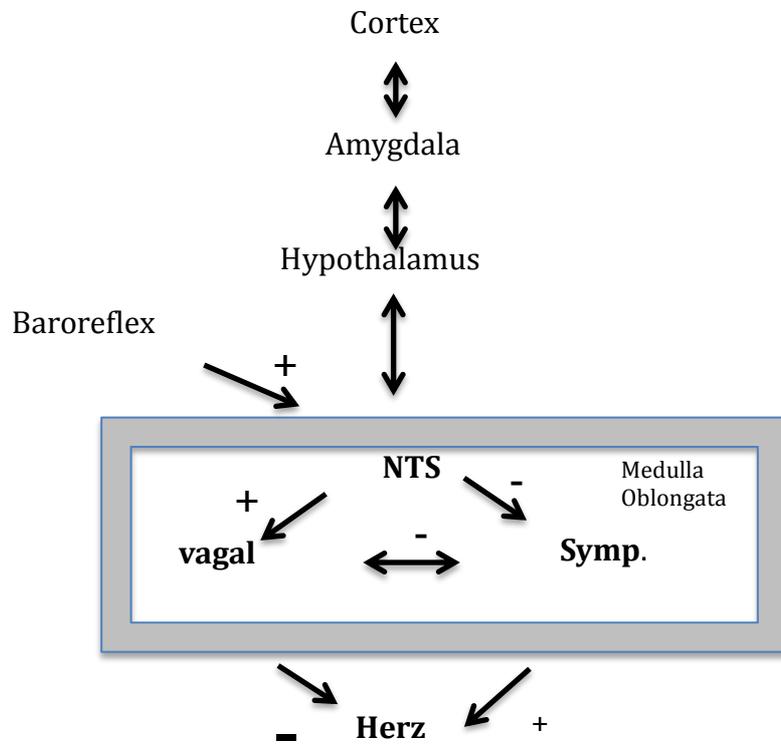


Abbildung 9: Autonome Steuerung der Herz­­tätigkeit

## 2.6 Kennwerte der HRV-Methode

Es lassen sich die Methoden des Zeitbereichs, Methoden des Frequenzbereichs und nonlineare Methoden unterscheiden.

### 2.6.1 Methoden des Zeitbereichs

Die Kennwerte des Zeitbereichs ermöglichen es, die Varianz zu quantifizieren. Zunächst werden die RR-Intervalle zwischen allen normalen QRS-Komplexen des Kardiogramms ermittelt. Alle nicht vom Sinusknoten erzeugten Schläge werden eliminiert. Über statistische Methoden lassen sich berechnen:

**Mean RR:** Stellt den Mittelwert der RR-Intervalle der Herzschläge dar.

**SDNN:** Bezeichnet die Standardabweichung aller RR-Intervalle der Herzschläge in Millisekunden (Gesamtvariabilität). Insbesondere bei getakteter Atmung und bei kurzen Aufzeichnungen unter Ruhebedingungen, ist sie die Hauptquelle der Varianz die RSA.

**RMSSD:** Bezeichnet die Quadratwurzel des quadrierten Mittelwerts der Summe aller Differenzen sukzessiver RR-Intervalle der Herzschläge in Millisekunden. Sie gibt die kurzfristigen Änderungen zwischen den einzelnen Herzschlägen wieder und repräsentiert damit vor allem die vagal modulierte HRV. (Shaffer, 2014)

Die Kennwerte des Zeitbereichs geben keine Auskunft über die Zusammensetzung oder Power der an der HRV beteiligten Rhythmen. Dies ist möglich über eine Untersuchung des Frequenzspektrums.

### 2.6.2 Methoden des Frequenzbereichs

Die originale Wellenlänge kann, wie in Abbildung 10 dargestellt, durch Filtertechniken in LF, HF und VLF Banden zerlegt werden (siehe Abb. 10 oben).

**HF- Bande:** Befindet sich im Frequenzbereich von 0,15 bis 0,4 Hz. Sie spiegelt die parasymphatische bzw. vagale Aktivität wieder. Man bezeichnet sie auch als

respiratorische Bande, da sie mit der Herzratenvariabilität des respiratorischen Rhythmus einhergeht.

**LF – Bande:** Befindet sich im Frequenzbereich von 0,15 bis 0,4 Hz. Sie kann zur Begutachtung der sympathischen Einflüsse auf das Herz hinzugezogen werden.

**HF/LF Ratio:** Maß der sympathovagalen Balance, bei der die HF- Bande die parasympathische Innervation repräsentiert und die LF-Bande die sympathische Innervation darstellt.

**VLF-Bande:** Befindet sich im Frequenzbereich von 0,15 bis 0,4 Hz. Sie wird vom Herzen selbst durch afferente sensorische Neuronen erzeugt. Das VLF-Spektrum hat besondere Bedeutung bei der Bewertung des Gesundheitszustandes und des Wohlbefindens.

Die Power Spektral Density Analyse (PSD-Analyse) zeichnete die Power der einzelnen Wellenlängen als Funktion der Frequenz auf (Abb. 10 unten links).

Die anteilige Power jedes Frequenzband kann prozentual dargestellt werden (siehe Abb. 10 unten rechts). (Shaffer, 2014)

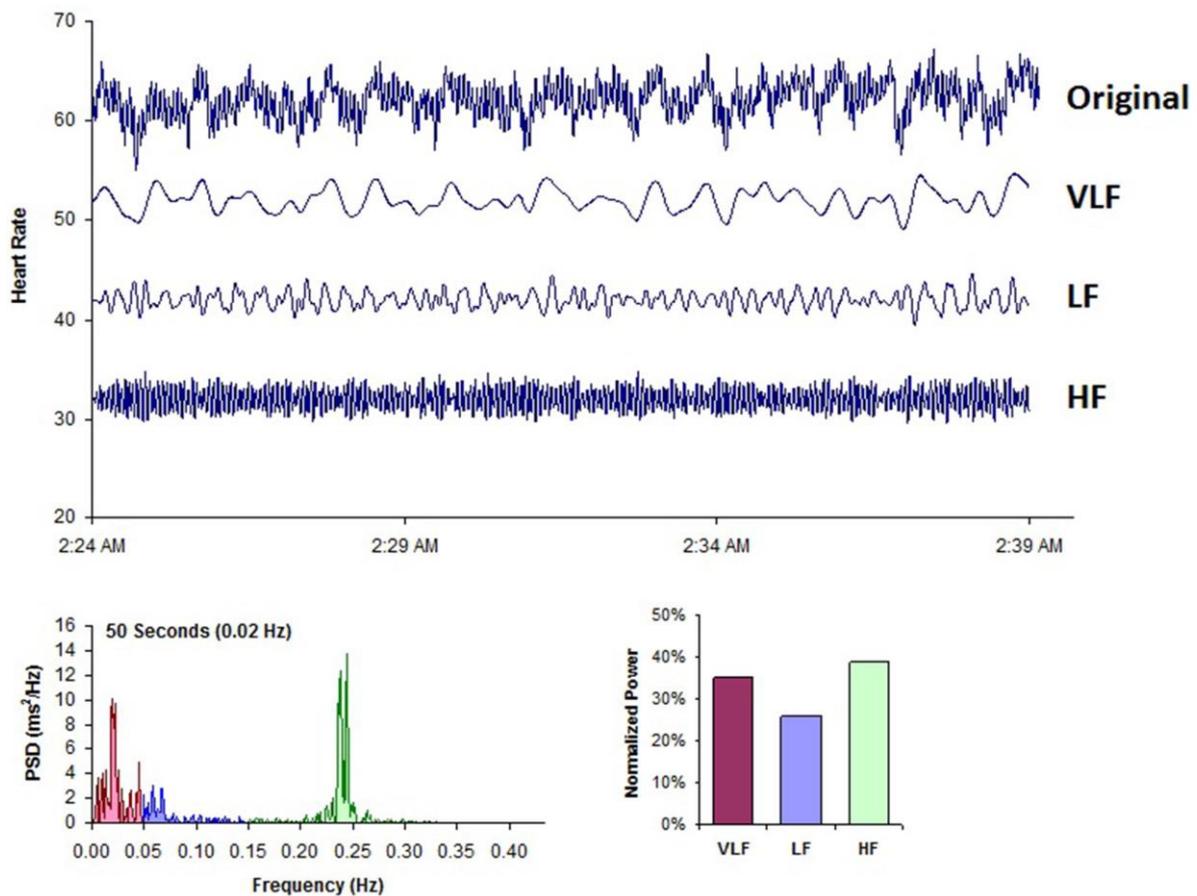


Abbildung 10 Frequenzbasierte HRV-Analyse (Shaffer, 2014)

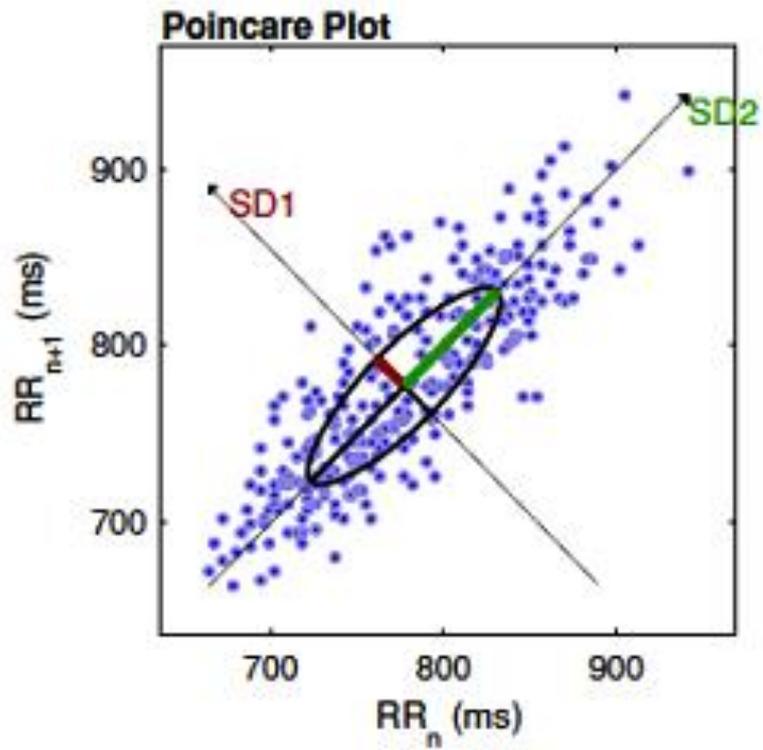
### 2.6.3 Nonlineare Methoden

Der Poincare Plot ist eine quantitative grafische Methode (siehe Abb. 11) um nicht lineare Dynamiken in den Schwankungen der RR-Intervalle zu untersuchen. Jedes RR-Intervall wird als Funktion des vorigen RR-Intervalls dargestellt.

Die Standardabweichung zwischen den Distanzen der RR-Abstände wird ausgedrückt durch:

**SD1:** Standardabweichung der orthogonalen Abstände der  $RR_i/RR_{i+1}$ -Punkte zum Querdurchmesser der Ellipse in Millisekunden. Sie quantifiziert kurzfristige Schwankungen zwischen den RR-Intervallen.

**SD2:** Standardabweichung der orthogonalen Abstände der  $RR_i/RR$ -Punkte zum Längsdurchmesser der Ellipse in Millisekunden. Sie quantifiziert die Langzeit-HRV. (Acharya, 2005)



**Abbildung 11:** Poincare Plot

(Abb.aus: [http://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.cFqIKOFIM0\\_zE5YS\\_8ISSgD5Dz&pid=15.1](http://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.cFqIKOFIM0_zE5YS_8ISSgD5Dz&pid=15.1);  
angerufen am 8.02.17)

## 3 Material

### 3.1 Vortest

Für den Vortest wurden 8 verschiedene Odorantien vorausgewählt (siehe Tabelle 1). Die chemischen Substanzen kommen aus der Symrise AG (Muehlenfeldstrasse 1, 37603 Holzminden) und wurden bereits in der deutschen Lebensmittel- und Kosmetikindustrie eingesetzt. Sie gelten in der für sie vorgesehenen Dosis und Applikationszeit als unbedenklich. Die Aromen wurden in konzentrierter Form auf Geruchsteststreifen aufgetragen und in Plastikgefäßen mit Deckel verschlossen.

Produktnummer	Substanz	Beschreibung
621180	Linalool	Veilchen
268908	Methylmercaptan	Kohl
164592	Cresol ortho	Kresol
652800	unbekannt	Rose
652876	unbekannt	Erdnuss-Aroma
221108	unbekannt	Himbeer-Aroma
650299	unbekannt	Knoblauch
648529	unbekannt	Rauchextrakt

**Tabelle 1: Für den Vortest ausgewählte Odorantien**

### 3.2 Studie

In der Studie wurden die Odorantien Rose, Himbeere, Kohl und Kresol verwendet (siehe Tabelle 2). Die Aromen wurden in konzentrierter Form auf Geruchsteststreifen aufgetragen und in Plastikgefäßen mit Deckel verschlossen.

Produktnummer	Substanz	Beschreibung
652800	unbekannt	Rose
221108	unbekannt	Himbeer-Aroma
268908	Methylmercaptan	Kohl
164592	Cresol ortho	Kresol

**Tabelle 2: In der Studie verwendete Odorantien**

#### Riechstifte

Die Testbatterie bestehend aus 12 Riechstiften (Sniffing Sticks) wurde als Medizinprodukt eigens für die Testung auf Normosmie entwickelt.

#### Brustgurt

Ein Brustgurt ermöglichte die Kontrolle der Einhaltung der Ruheatmung.

#### Elektroden

Den Teilnehmern wurde zur Aufnahme eines 1-Kanal-EKG der Ableitung I nach Einthoven Messelektroden angebracht.

#### Biopac Student Lab Software

Das Biopac Student Lab System digitalisiert über die Elektroden gemessene analoge Signale unter Aufzeichnung eines EKGs. Für jedes einzelne Messintervall können

die aufgezeichneten Daten über den Softwareeditor als Textfile-Format abgespeichert werden um sie über die Kubios HRV Software anschließend weiter zu bearbeiten.

### **Kubios HRV Software**

Über Kubios 2.1 HRV lassen sich aus den mit der Biopac Student Lab Software aufgezeichneten RR-Intervallen HRV Kennwerte des Zeitbereichs, des Frequenzbereich und des nonlinearen Bereichs berechnen. Durch seine Korrekturfunktionen lassen sich in verschiedenen Abstufungsgraden die bei der Aufzeichnung durch Muskelbewegungen entstandene Artefakte beheben.

## 4 Methoden

### 4.1 Vortest

Für jede Attributkombination (siehe Tabelle 3) sollte über eine Vortestung an 66 Personen ein geeignetes Odorant herausgesucht werden.

Dafür wurden für jede Attributkombination zwei möglicherweise passende Odorantien ausgesucht.

<b>Attributkombination</b>	<b>Odorant 1</b>	<b>Odorant 2</b>
angenehm, H+ und nahrungsbezogen, N+	Erdnuss	Himbeere
angenehm, H+ und nicht nahrungsbezogen, N-	Rose	Veilchen
unangenehm, H- und nahrungsbezogen, N+	Kohl	Knoblauch
unangenehm, H- und nicht nahrungsbezogen, N-	Rauchextrakt	Kresol

**Tabelle 3: Attributkombinationen und Odorantien**

#### 4.1.1 Fragebogen

Verwendet wurde eine 7-Punkte-Skala zur Abfrage der Akzeptanz, eine 4-Punkte-Skala zur Abfrage der Vertrautheit und eine 4-Punkte-Skala zur Abfrage des Lebensmittelbezuges. Durch eine offene Frage wurde nach der Art des Geruchs gefragt. (siehe Fragebogen im Anhang)

### **4.1.2 Durchführung**

Die Odorantien wurden in konzentrierter Form auf Geruchsteststreifen aufgetragen und in Plastikgefäßen mit einem Deckel verschlossen. Eine räumlich getrennte Aufbewahrung der Gefäße und das Lüften zwischen den Messblöcken hielt Ausdünstung geringfügig.

Die Rekrutierung der Prüfer erfolgte über persönliche Ansprache.

Die 8 Proben wurden in balanciert randomisierter Form dargereicht (siehe Samplingplan im Anhang) und direkt nach jedem Probenkontakt bewertet (siehe Fragebogen). Die Prüfer wurden aufgefordert nach jedem Probenkontakt zur Neutralisierung in den Ellenbogen zu riechen.

### **4.1.3 Auswertung**

Die Daten wurden in das Sensorikprogramm Fizz überführt und anschließend über SPSS in einer ANOVA auf signifikante Unterschiede hinsichtlich des Nahrungsbezugs und einer ANOVA auf signifikante Unterschiede hinsichtlich der Beliebtheit hin überprüft. Über eine T-Test-Analyse wurden die Odorantien paarweise auf signifikante Unterschiede bezüglich a) Akzeptanz und b) Nahrungsbezug hin überprüft.

## **4.2 Studie**

Vor Beginn der Studie wurde das Studienprotokoll und die Aufklärungsbögen von der Ethikkommission der HAW begutachtet und für unbedenklich bewertet (siehe Anhang).

### **4.2.1 Studienteilnehmer**

Die Rekrutierung erfolgte über persönliche Ansprache. Als Aufwandsentschädigung erhielten die Teilnehmer 20 Euro. Es nahmen jeweils 12 Männer und 12 Frauen im

Alter zwischen 18 und 37 teil. Ausgeschlossen wurden Personen mit Diabetis Mellitus, Allergien in Kombination mit Heuschnupfen und Asthma, Migräne und Medikamenten gegen Bluthochdruck. Alle Teilnehmenden wurden aufgefordert 3 Stunden vor Beginn der Messung die letzte Mahlzeit einzunehmen.

Ein normales Riechvermögen wurde durch einen standardisierten Test auf Normosmie anhand einer als Medizinprodukt zugelassenen Testbatterie bestehend aus 12 Riechstiften (Sniffing Sticks) sichergestellt: Nach Entfernung der Verschlusskappe rochen die Versuchsteilnehmer 3 Sekunden an der Riechstiftspitze um anschließend unter 4 Antwortmöglichkeiten das Odorant zuzuordnen. Bei mindestens 10 von 12 richtig erkannten Odorantien wurde Normosmie anerkannt.

#### **4.2.2 Vorbereitung der Aromen**

Die Reihenfolge der vier Riechproben (siehe Material) wurde durchpermutiert, sodass sich 24 verschiedene Kombinationen bei der Probendarreichung ergaben (siehe Anhang). Die Proben wurden auf Riechstreifen aufgetragen und zwischen den Messreihen in verschlossenen Glasgefäßen aufbewahrt um Ausdünstungen geringfügig zu halten.

Mittels Klemmen und Ständer wurden die Geruchstreifen während der Messung auf Kopfhöhe fixiert.

#### **4.2.3 Psychologische Messung**

Vor dem ersten Probenkontakt wurde der Hunger- und Sättigungszustand der Teilnehmer über visuelle Analogskalen abgefragt. Die Sättigung wurde als Kovariate mit in die Auswertung der physiologischen Messdaten miteinbezogen werden.

Die Teilnehmer gaben vor Beginn und nach jeder Messreihe die empfundene Intensität an, damit mögliche Veränderungen durch Habituation registriert werden konnten. Auch wurde die hedonische Valenz des dargebotenen Geruchs über visuelle Analogskalen vor Beginn und nach jeder Messreihe abgefragt.

Die Abfrage der hedonischen Valenz, der Akzeptanz über eine 7-Punkte-Skala, und der Abfrage der Assoziation zu Lebensmitteln über eine 4-Punkte-Skala diente der

Validierung der Hauptfaktoren Hedonik und Nahrungsbezug der ausgewählten Odorantien.

Die Erhebung der psychologischen Daten ermöglicht zudem mögliche Geschlechterunterschiede zu erfassen. Die Fähigkeit die Odorantien richtig zu bestimmen, sowie die empfundene Vertrautheit testende 4-Punkte-Skala sollte als mögliche Erklärungsvariable der Interpretation der physiologischen Messdaten dienen.

#### **4.2.4 Physiologische Messung**

Auf Grundlage einer EKG-basierten Herzratenvariabilitätsanalyse wurden die zuvor getesteten Attribute (siehe Kapitel 3) der Odorantien (Kohl, Himbeere, Kresol und Rose) bezüglich

- a) hedonische Valenz (angenehm/ unangenehm)
- b) kognitivem Kontext (nahrungsbezogen/ nicht nahrungsbezogen)

in ihrer Wirkung auf das Zusammenspiel von Sympathicus und Parasympathicus getestet.

Den Teilnehmern wurde zur Aufnahme eines 1-Kanal-EKG der Ableitung I nach Einthoven Messelektroden und zur Bestimmung der Atemfrequenz ein Brustgurt angebracht. Die Messung wurde in sitzender Position durchgeführt.

Die Versuchsteilnehmer atmeten durch den Bauch entsprechend ihrer natürlichen Ruheatmung mit einer Atemfrequenz von durchschnittlich 10-12 Atemzüge pro Minute jedes Odorant 30 Sekunden lang schnüffelnd durch die Nase ein und aus. Anschließend wurde die Inhalation für 30 Sekunden durch das Aufsetzen einer Nasenklemme ausgesetzt, um den Effekt der Habituation zu verringern und um anschließend die riechenden mit den nicht riechenden Intervallen vergleichen zu können.

Zwischen den einzelnen Messblöcken wurden fünf minütige Pausen bei Neutralisation in den Ellbogen vorgenommen.

Mittels Biopacgerät wurden das EKG und die Atemexkursion registriert und digitalisiert. Die Ergebnisse wurden über die Kubios-HRV-Software visualisiert und weiter bearbeitet.

#### **4.2.5 Statistische Auswertung der psychologischen Messparameter**

Die gerateten visuellen Analogskalen (Hedonik 1 und 2, Intensität 1 und 2, Vertrautheit, Hungrigkeit) wurden mit einem Linear ausgemessen, und die entsprechenden Werte in eine Exeltabelle eingegeben. Den gerateten Punkteskalen (Nahrungsbezug, Appetit, Akzeptanz) wurden Messwerte zugeordnet und auch diese in eine Exeltabelle eingetragen. Anschließend wurde eine 2x2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung (repeated-measures ANOVA) für die Ratings der Intensität 1 und 2, Hedonik 1 und 2, Vertrautheit, Appetitlichkeit, Nahrungsmittelkontext, Akzeptanz mit SPSS durchgeführt.

Als Intrasubjektfaktoren wurde Hedonik und Nahrungsmittelbezug mit zwei Faktorstufen (N+, N-/ H+/H-) gewählt und als Innersubjektfaktor Geschlecht. Haupt- und Interaktionseffekte mit einem F-Wert auf einem Wahrscheinlichkeitsniveau von  $p < 0,1$  wurden durch den Posthoc-Student-T-Test für abhängige Stichproben auf signifikante Unterschiede weiter analysiert.

#### **4.3.4 Aufbereitung der EKG- Daten**

Die gespeicherten Datensätze aller Versuchspersonen wurden in Kubios eingelesen und auf Bewegungsartefakte überprüft. Dies sind durch Muskelbewegungen hervorgerufene Störungen des EKG-Signals während der Messung. Kubios bietet eine Korrektur der Artefakte mit der Abstufung gering bis sehr stark an. Es wurde kontrolliert bei welcher Korrekturstärke wesentliche Artefakte beseitigt wurden, ohne dass es zu starken Glättungen der Gesamtperiodizität kommt. Die Korrekturstärke wurde zunächst nur dokumentiert und nicht vorgenommen. Bei der Einstellung der Frequenzdomäne wurde bei der AR-order 32 eingestellt. Die Ergebnisse wurden als PDF-, Text- und Matlabdateien abgespeichert.

Die für die Kennwerte der HRV im Zeit- und Frequenzbereich relevanten RR-Abstände wurden aus den Textdateien in Excel überführt. Die drei 30-Sekundensegmente für die Intervalle des Riechens und des Nichtriechens wurden in separaten Exelmappen übertragen, als Textdokument gespeichert und erneut mit Kubios geöffnet.

Erneut wurde als AR order 32 gewählt und eine Artefaktkorrektur auf Basis der dokumentierten Korrekturstärke und der durch das Zusammenfügen der Segmente teilweise entstandenen unerwünschten Leakage- Effekte vorgenommen. Die korrigierten Dateien wurden als Matlabdateien gespeichert. Aus ihnen konnten die Parameter des Zeitbereichs (mean RR-Int; RMSSD) des Frequenzbereiches (AR HF; LF) und des nonlinearen Bereich (SD1; SD2) für jede Messwiederholungsreihe (n= 24) ausgelesen und mit SPSS statistisch ausgewertet werden.

#### **4.3.5 Statistische Auswertung der physiologischen Messparameter**

Es wurde eine 2x2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung (repeated- measures ANOVA) für die Variablen des Zeitbereichs (mean RR-Int; RMSSD) des Frequenzbereiches (AR HF, AR LF) und des nonlinearen Bereichs (SD1, SD2) mit SPSS durchgeführt.

Als Intrasubjektfaktoren wurde Hedonik und Nahrungsmittelbezug mit zwei Faktorstufen (N+, N-/ H+/ H-) gewählt und als Innersubjektfaktor Geschlecht. In zwei weiteren Auswerteverfahren wurden die Sättigung und der BMI als Kovariate miteinbezogen. Der BMI errechnete sich aus dem erhobenen Gewicht und Größe der Teilnehmer ( $BMI = \text{kg/m}^2$ ). Alle Haupt- und Interaktionseffekte mit einem F-Wert auf einem Wahrscheinlichkeitsniveau von  $p < 0,1$  wurden durch einen ungepaarten Student-t-Test für abhängige Stichproben auf signifikante Unterschiede weiter analysiert.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Vortest

Ziel war es, zu prüfen welche vier unter den acht vorausgewählten Odorantien geeignet sind, in der Studie den Einfluss von a) Nahrungsbezug und b) Hedonik auf die Herzschlagabfolge über eine Varianzanalyse zu überprüfen. Dafür wurden folgende Attributkombinationen benötigt: Nahrungsbezogen und hedonisch angenehm (N+H+), nahrungsbezogen und hedonisch unangenehm (N+H-), nicht nahrungsbezogen und hedonisch angenehm (N-H+) und nicht nahrungsbezogen und hedonisch unangenehm (N-H-).

Die ANOVA ergab für die getesteten Odorantien signifikante Unterschiede in der bewerteten Beliebtheit ( $F= 34,6$ ,  $p < 0,001$ ) und im bewerteten Nahrungsbezug ( $F= 32,04$   $p < 0,001$ ).

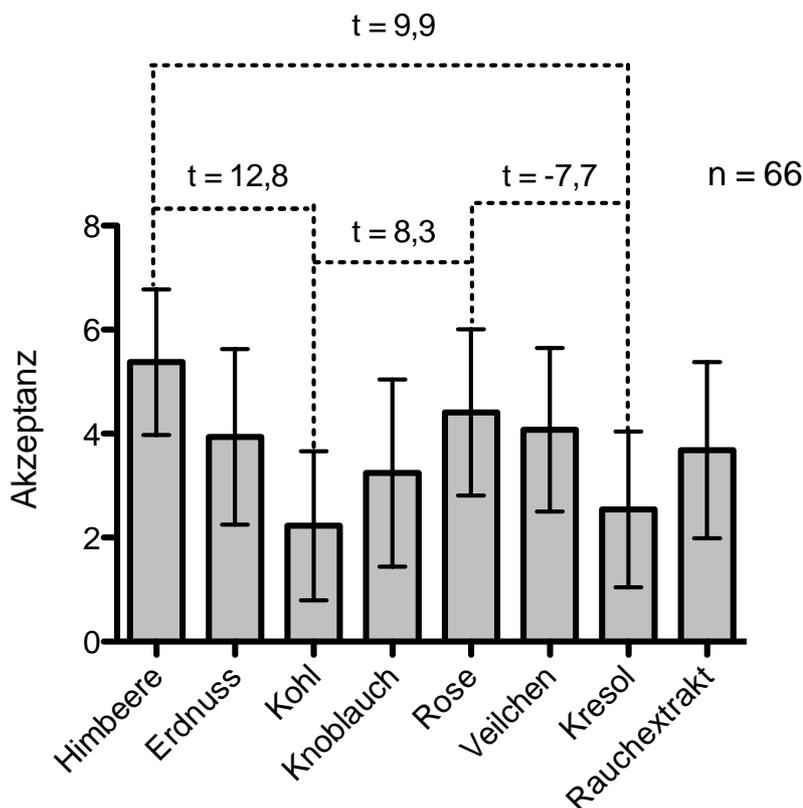
Die Himbeere wurde als angenehmes nahrungsbezogenes Odorant ausgewählt, weil sie in den Akzeptanz-Ratings signifikant beliebter geratet wurde als Kohl ( $T= 12,8$ ;  $p < 0,001$ ), Erdnuss ( $T= 6,4$ ;  $p < 0,001$ ), und Rauchextrakt ( $T= 6,3$ ;  $p < 0,001$ ). Kohl wurde als unangenehmes nahrungsbezogenes Odorant ausgewählt, weil Kohl signifikant unangenehmer in den Akzeptanz-Ratings bewertet wurde als Rauchextrakt ( $T= 5,3$ ;  $p < 0,001$ ), und Knoblauch ( $T= 4,4$ ;  $p < 0,001$ ). Es hätte auch Knoblauch gewählt werden können, weil Knoblauch in den Lebensmittel-Ratings signifikant nahrungsbezogener eingestuft wurde als Kohl ( $T= 3,3$ ;  $p= 0,002$ ). Kresol wurde als unangenehmes nicht nahrungsbezogenes Odorant gewählt, weil es signifikant beliebter bewertet wurde als Rose ( $T= -7,7$ ;  $p < 0,001$ ), und Veilchen ( $T= -6,3$ ;  $p < 0,001$ ). Rose wurde als angenehmes nicht nahrungsbezogenes Odorant ausgewählt, weil Rose und Kresol in den Lebensmittel-Ratings nicht signifikant unterschiedlich bewertet wurden ( $T= -1,1$ ;  $p= 0,267$ ), wohingegen Veilchen und Kresol in den Lebensmittel-Ratings marginal signifikant unterschiedlich bewertet wurden ( $T= -1,9$ ;  $p < 0,068$ ).

Rose wurde außerdem in den Lebensmittel-Ratings signifikant weniger mit Lebensmitteln verbunden als Himbeere ( $T= 8,6$ ;  $p < 0,001$ ), und Kohl ( $T= 4,6$ ;  $p < 0,001$ ). In den Akzeptanz-Ratings wurde Rose signifikant positiver bewertet als Kohl ( $T= 8,3$ ;  $p < 0,001$ ) und Kresol ( $T=-7,7$ ;  $p < 0,001$ ). Kresol wurde zudem in den

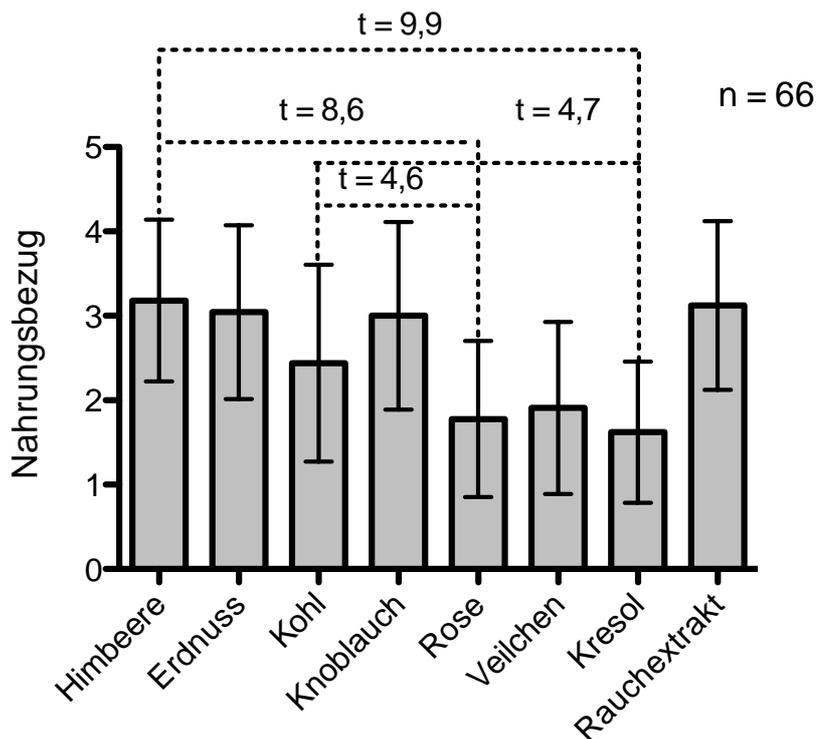
Lebensmittel-Ratings signifikant weniger mit Lebensmitteln in Verbindung gebracht als Himbeere ( $T= 9,9$ ;  $p< 0,001$ ) und Kohl ( $T= 4,7$ ;  $p< 0,001$ ). In den Akzeptanz-Ratings wurde Kresol weiterhin signifikant weniger beliebt als Himbeere bewertet ( $T= 9,9$ ;  $p< 0,001$ ).

Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass sich Himbeere, Kresol, Rose und Kohl unter den 8 vorausgewählten Odorantien am besten für die Studie eignen. Die vier Aromen erfüllen zudem die Kriterien bezüglich signifikanter Unterschiede im Nahrungsbezug und in der hedonischen Valenz.

In Abbildung 12 sind die Aromen, welche sich signifikant in der Akzeptanz unterscheiden paarweise mit den entsprechenden T-Werten dargestellt. In Abbildung 13 sind dagegen paarweise die Aromen, welche sich signifikant im Nahrungsbezug unterscheiden mit den entsprechenden T-Werten gekennzeichnet.



**Abbildung 12: Akzeptanz ausgewählter Odorantien im T-Test-Vergleich** Von 8 verschiedenen Odorantien wurde in einer Vorstudie die Akzeptanz über eine siebenstufige Skala abgefragt (siehe Fragebogen im Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.



**Abbildung 13: Nahrungsbezug ausgewählter Odorantien im T-Test-Vergleich** Von 8 verschiedenen Odorantien wurde in einer Vorstudie der Nahrungsbezug über eine vierstufige Skala abgefragt (siehe Fragebogen im Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.

## 5.2 Studie

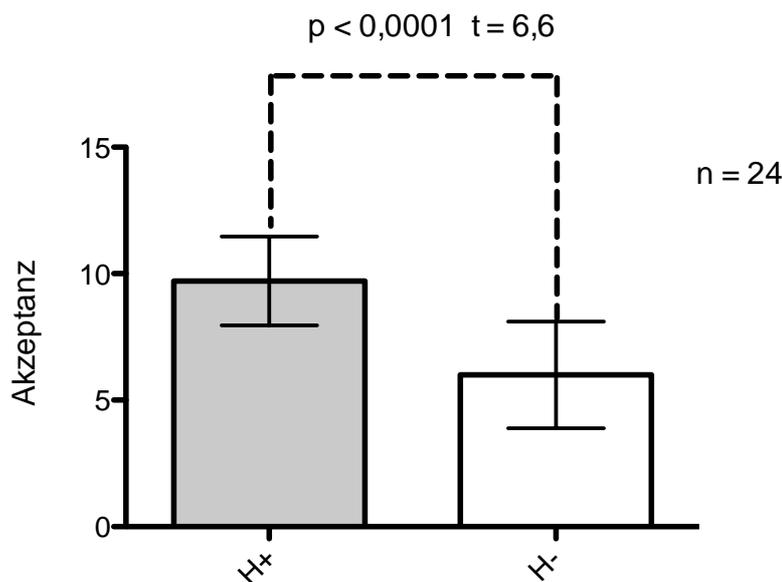
### 5.2.1 Psychologische Messparameter

Die psychologischen Skalen prüften für alle Odorantien vor jedem Messintervall die Intensität, die Hedonik, die Akzeptanz, die Appetitlichkeit, und den Lebensmittelbezug, und fragten nach der Art des Odorants. Nach dem Messintervall wurde anschließend erneut nach der Intensität und der Beliebtheit (Hedonik) gefragt. Anschließend wurde in einer ANOVA die Haupt- und Interaktionseffekte der a) Hedonische Valenz und b) des Nahrungsbezugs auf die erhobenen Messwiederholungsreihen getestet.

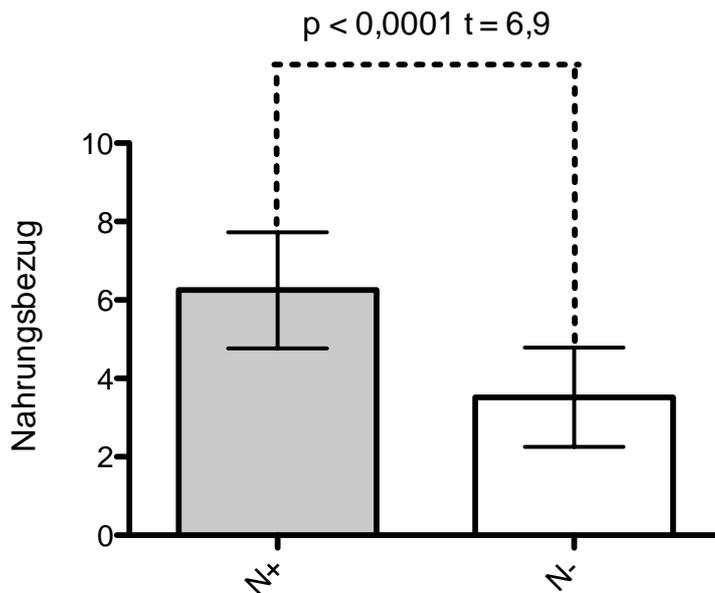
Ein signifikanter Effekt von Hedonik ( $F= 8,9$ ;  $p= 0,007$ ) und Nahrungsbezug ( $F=16,1$ ;  $p= 0,001$ ) in den Appetit-Ratings bestätigt, dass die Attribute Nahrungsbezug und Hedonik für die Studienfragestellung geeignet sind.

Es zeigt sich zudem, dass die richtigen Odorantien ausgewählt wurden. Es lag ein signifikanter Haupteffekt von Hedonik ( $F= 49,8$ ;  $p < 0,001$ ) auf die Akzeptanz-Ratings vor. Im T-Test gab es wie in Abbildung 14 dargestellt signifikante Unterschiede zwischen den gemittelten Akzeptanz-Ratings der angenehmen Odorantien (H+) Rose und Himbeere und den gemittelten Akzeptanz-Ratings der unangenehmen (H-) Odorantien Kohl und Kresol ( $T = 6,6$ ;  $p < 0,001$ ).

Es lag ein signifikanter Haupteffekt des Nahrungsbezugs auf die Lebensmittel-Ratings vor ( $F = 36,3$ ;  $p < 0,000$ ). Im T-Test-Vergleich zeigten sich wie in Abbildung 15 dargestellt signifikante Unterschiede im Nahrungsbezug zwischen den gemittelten Lebensmittel-Ratings der nahrungsbezogenen Odorantien Kohl und Himbeere und den gemittelten Lebensmittel-Ratings der nicht nahrungsbezogenen Odorantien Kresol und Rose ( $T= 6,9$ ;  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 14: Unterschiede in der Akzeptanz der Odorantien** Die Akzeptanz wurde über eine siebenstufige Akzeptanz-Skala bei allen Teilnehmenden abgefragt (siehe Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.

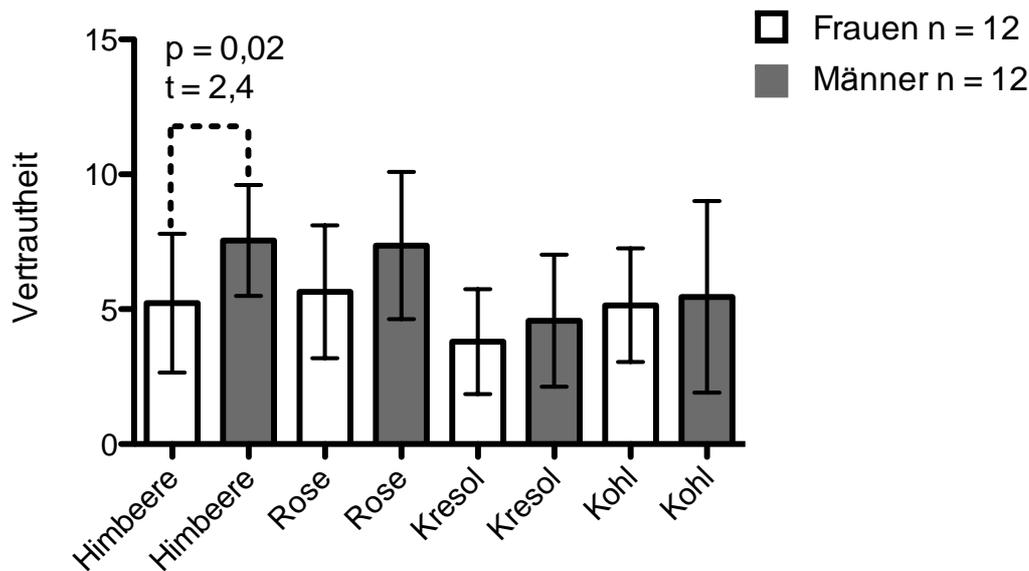


**Abbildung 15: Unterschiede im Nahrungsbezug der Odorantien** Der Nahrungsbezug wurde über eine vierstufige Skala bei allen Teilnehmenden abgefragt (siehe Ratingskalen im Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.

Zudem lag ein signifikanter Haupteffekt von Hedonik auf die Vertrautheitsratings vor ( $F = 11,0$ ;  $p = 0,003$ ). Die angenehmen Odorantien wurden signifikant vertrauter eingestuft ( $T = 3,2$ ;  $p = 0,004$ ).

Das Geschlecht wurde als Kovariate in die Messung miteinbezogen um geschlechterspezifische Unterschiede in der subjektiven Bewertung abzufragen.

Es lag ein signifikanter Haupteffekt des Geschlechts auf die Vertrautheitsratings ( $F = 11,0$ ;  $p = 0,003$ ) vor. Im T-Test zeigte sich, dass Männer die Himbeere signifikant vertrauter empfanden als die Frauen mit einem P-Wert von 0,02 und einem T-Wert von 2,4 (siehe Abb.16).



**Abbildung 16: Vertrautheit der Odorantien bei Männern und Frauen** Die Vertrautheit wurde für Himbeere, Rose, Kresol und Kohl über eine visuelle Analogskala abgefragt (siehe Ratingskalen im Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.

Es konnten keine Haupteffekte des Geschlechtes auf die Akzeptanz oder den Nahrungsbezug festgestellt werden.

Dafür zeigten sich marginal signifikante Interaktionseffekte von Hedonik, Nahrungsbezug und Geschlecht in den Akzeptanz-Ratings ( $F= 3,9$ ;  $p= 0.056$ ).

Männer und Frauen zeigten in den Akzeptanzratings (siehe Abb.17) und in den Lebensmittel-Ratings (siehe Abb. 18) oft ein umgekehrtes Ratingverhalten.

Frauen bewerteten unter den angenehmen Odorantien (Himbeere und Rose) die Rose (nicht nahrungsbezogen, N-) mit größerer Akzeptanz als die Himbeere (nahrungsbezogen, N+). Umgekehrt bewerteten die Männer die Himbeere mit größerer Akzeptanz als die Rose. ( $T= 1,9$ ;  $p= 0,087$ )

Unter den unangenehmen Odorantien (Kohl, Cresol) bewerteten Frauen Kohl (nahrungsbezogen; N+) mit größerer Akzeptanz als Cresol (nicht nahrungsbezogen; N-). Hingegen bewerteten die Männer Cresol im Vergleich zu Kohl mit höheren Akzeptanz-Ratings. ( $T=1,2$ ;  $p= 0,252$ )

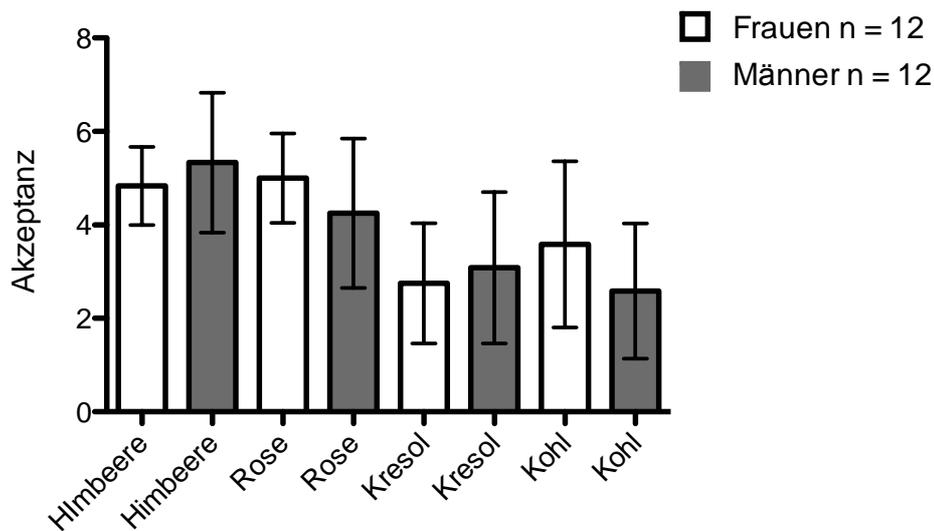
Es gab marginal signifikante Interaktionseffekt von Hedonik, Nahrungsbezug und Geschlecht in den Lebensmittel-Ratings ( $F=3,7$ ;  $p= 0,068$ ).

Frauen bewerteten in den Lebensmittel-Ratings unter den nahrungsbezogenen Odorantien (Kohl, Himbeere) den Kohl (unangenehm, H-) als nahrungsbezogener als

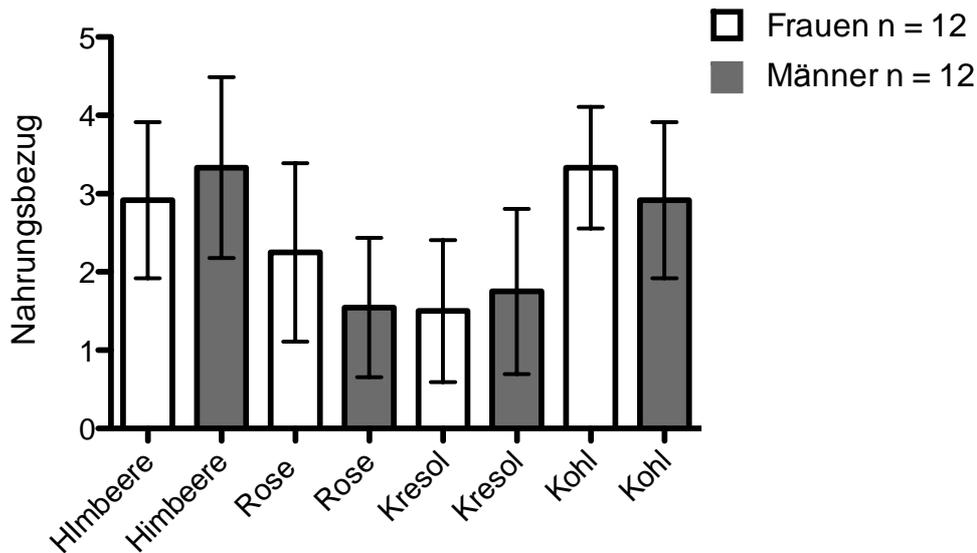
die Himbeere (angenehm, H+). Umgekehrt bewerteten die Männer in den Lebensmittel-Ratings die Himbeere als nahrungsmittelbezogener als den Kohl (T= -1,6; p= 0,139).

Frauen bewerten in den Lebensmittel-Ratings unter den nicht nahrungsbezogenen Odorantien (Rose und Kresol) die Rose (angenehm, H+) als weniger nahrungsbezogener als Kresol (unangenehm, H-). Dagegen bewerteten die Männer in den Lebensmittel-Ratings Kresol als weniger nahrungsbezogener als Rose (T= 1,2; p= 0,252).

Während bei Männer ein signifikanter Unterschied in dem Nahrungsbezug in den Lebensmittel-Ratings zwischen Himbeere und Rose vorliegt (T= 4,2; p< 0,001), ist dieser Unterschied bei Frauen nicht signifikant (T= 1,5; p= 0,141).



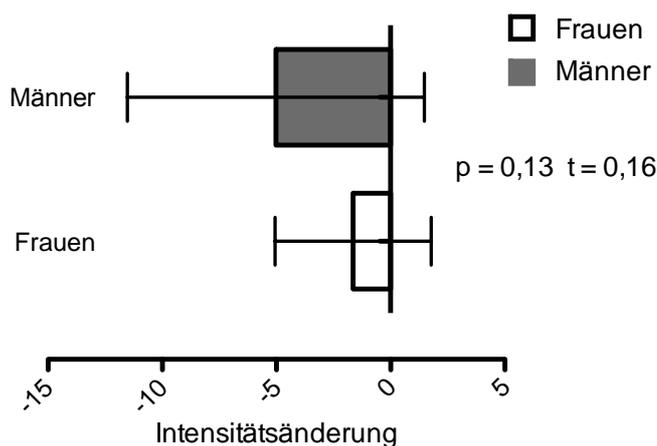
**Abbildung 17: Akzeptanz der Odorantien bei Männern und Frauen** Die Akzeptanz wurde für Himbeere, Rose, Kresol und Kohl über eine siebenstufige Akzeptanz-Skala abgefragt (siehe Ratingskalen im Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.



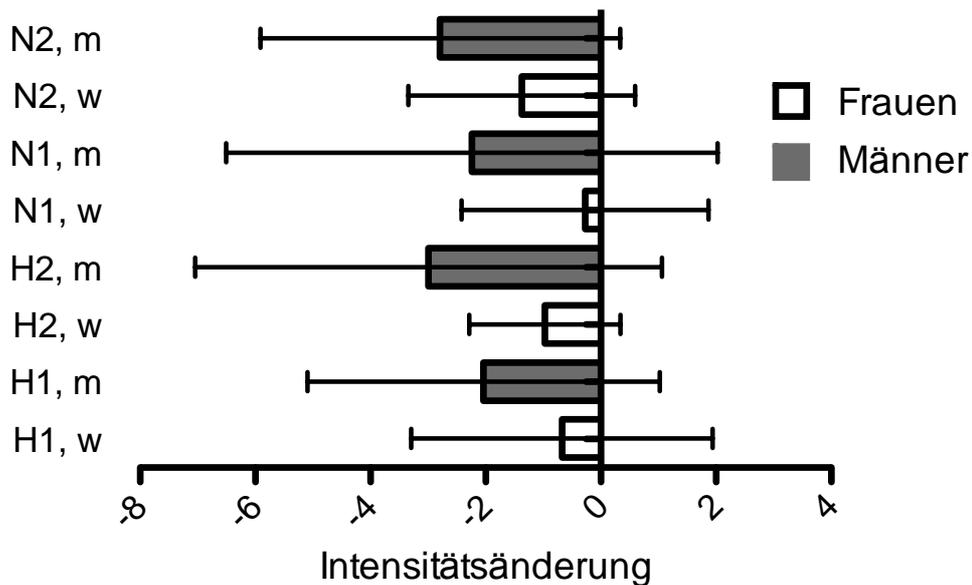
**Abbildung 18: Nahrungsbezug der Odorantien bei Männern und Frauen** Der Nahrungsbezug wurde für Himbeere, Rose, Kresol und Kohl über eine vierstufige Skala abgefragt (siehe Ratingskalen im Anhang). Angegeben ist die Standardabweichung.

Die Intensität vor und nach jedem Messintervall abgefragt, um Effekte von Adaption aufzudecken.

Männer habituierten stärker als Frauen (siehe Abb. 19) und zwar in allen Kategorien a) Hedonik +/- b) Nahrungsbezug +/- (siehe Abb. 20), jedoch ohne Signifikanz.



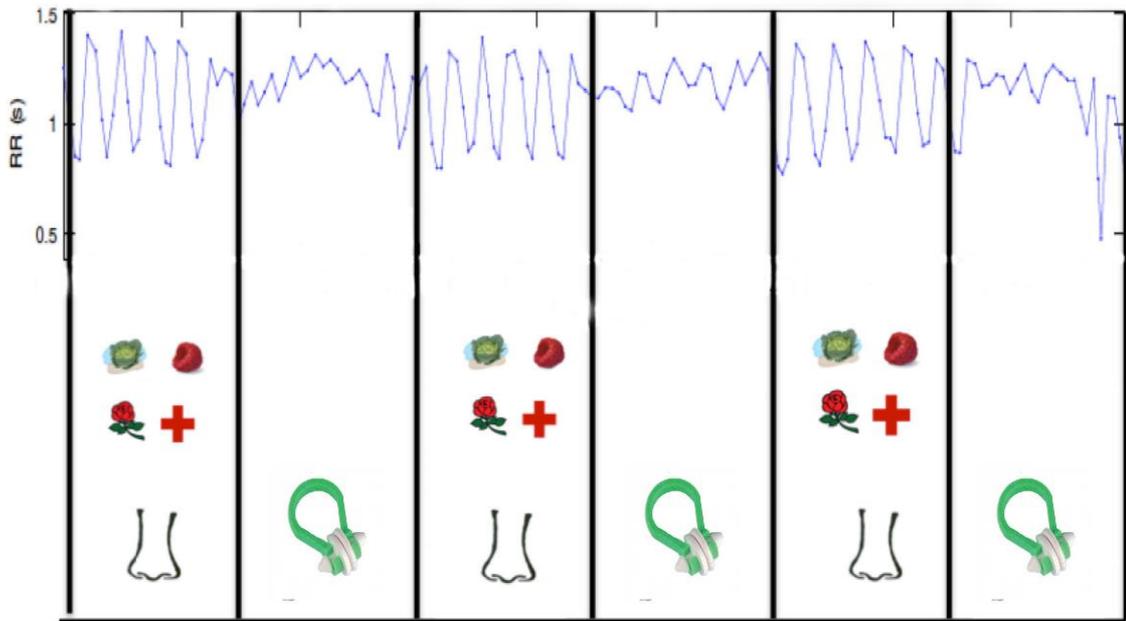
**Abbildung 19: Habituation bei Männern und Frauen** Es wurde die Differenz zwischen den Intensitätsratings (siehe Ratingskalen im Anhang) aller Odorantien vor und den Intensitätsratings aller Odorantien nach der Messung berechnet und diese zwischen Männern (n=12) und Frauen (n=12) verglichen. Angegeben ist die Standardabweichung.



**Abbildung 20: Habituation bei Männern und Frauen nach Kategorien** Es wurde die Differenz zwischen den Intensitätsskalen (siehe Ratingskalen im Anhang) vor und den Intensitätsskalen nach der Messung für die Kategorien Hedonik (+/-), und Nahrungsbezug (+/-) berechnet und diese zwischen Männern (n=12) und Frauen (n=12) verglichen. Angegeben ist die Standardabweichung.

### 5.2.2 Physiologische Messparameter

Bereits während der EKG-Messung waren Effekte des Riechens auf die RR-Intervalle zu erkennen. Abbildung 21 zeigt, dass die Amplitude der RR-Funktion in den Phasen der riechenden Nasenatmung (Phase 1, 3 und 6) deutlich größer war als in den Phasen der nicht riechenden Mundatmung.

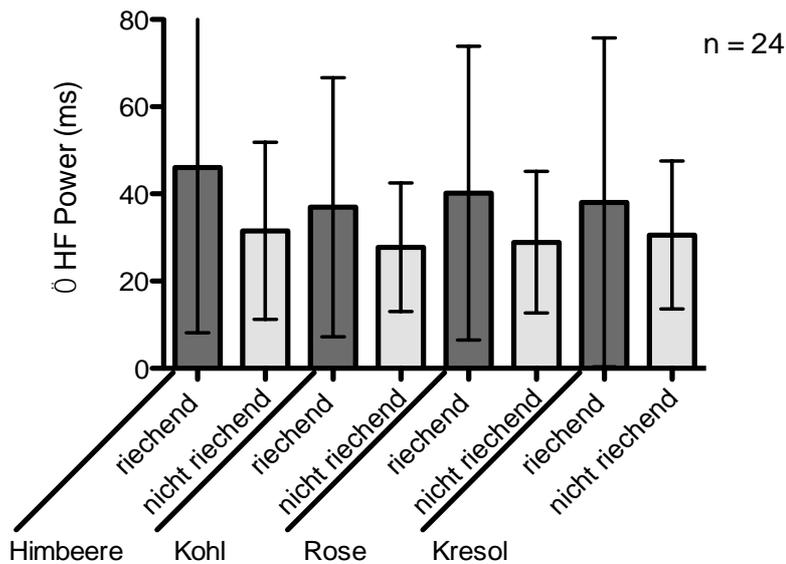


**Abbildung 21: Abbildung RR-Funktion im dreiminütigen EKG-Messverlauf** Alle 30 Sekunden erfolgte ein Wechsel zwischen riechender Mundatmung und nicht riechender Nasenatmung. Abgebildet ist das bei der Digitalisierung des EKG über Biopac Student Lab errechnete RR-Diagramm der 1. Versuchsperson (weiblich) bei Kohl (N+H-).

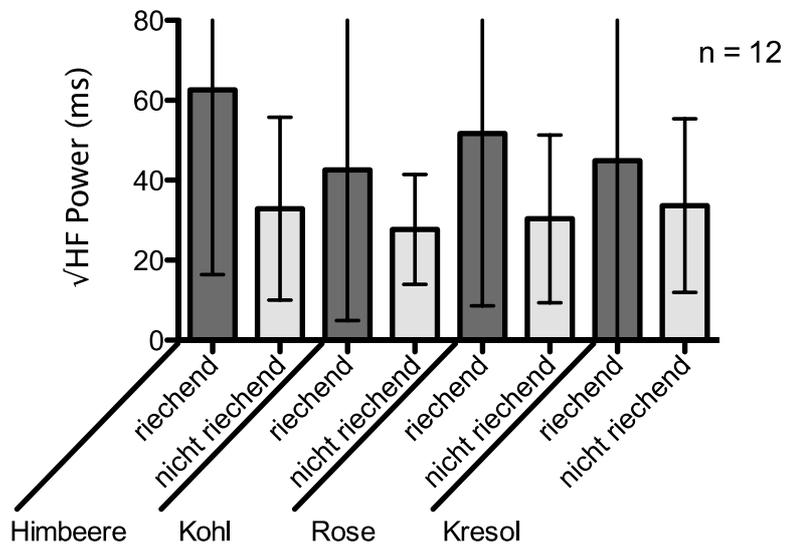
Die vagal-vermittelten Kurzzeit-HRV-Parameter (HF, SD1, RMSSD) zeigten konsistente Effekte, und zwar am deutlichsten in den HF Parametern.

Es lag ein Haupteffekt des Atemmodus ( $F=6,0$ ;  $p=0,02$ ) auf die HF Power vor. Bei der riechenden Nasenatmung ergab sich eine signifikant größere Leistung als bei der nicht riechenden Mundatmung ( $T = 2,3$ ;  $p= 0,03$ ).

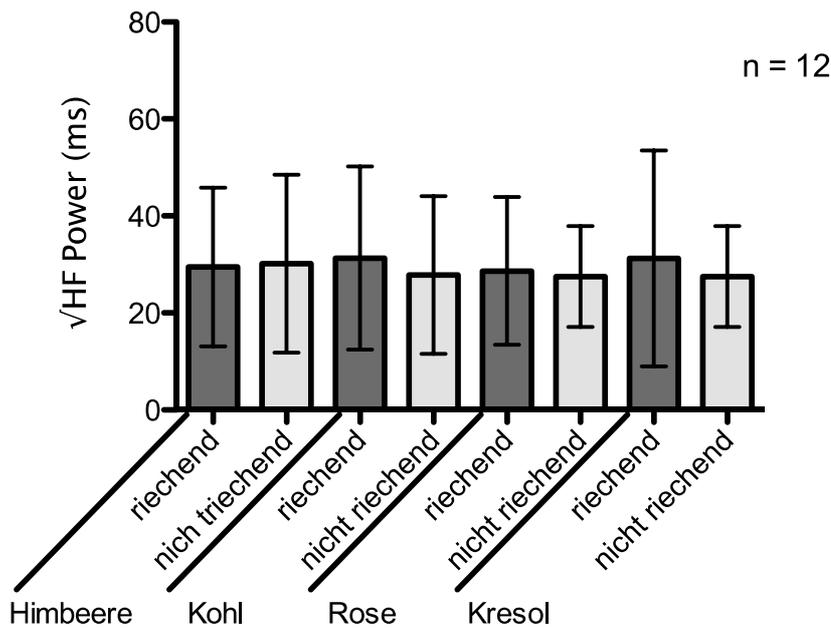
Abbildung 22 zeigt die HF Power bei Himbeere, Kohl, Rose und Kresol bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung. Anschließend wurden der Effekt des Atemmodus auf die HF Power bei Himbeere, Kohl, Rose und Kresol bei Frauen (siehe Abbildung 23) und Männern (siehe Abbildung 24) separat betrachtet.



**Abbildung 22: HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung** Die HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung für Himbeere, Kohl, Rose und Kresol wurde aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen aller aufgezeichneten EKG-Messreihen ermittelt und in Millisekunden (ms) dargestellt. Angegeben ist die Standardabweichung.



**Abbildung 23: HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung bei Frauen** Die HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung für Himbeere, Kohl, Rose und Kresol wurde aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen der aufgezeichneten EKG-Messreihen der Frauen ermittelt und in Millisekunden (ms) dargestellt. Angegeben ist die Standardabweichung.



**Abbildung 24: HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung bei Männern** Die HF Power bei riechender Nasenatmung und nicht riechender Mundatmung für Himbeere, Kohl, Rose und Kresol wurde aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen der aufgezeichneten EKG-Messreihen der Männer ermittelt und in Millisekunden (ms) dargestellt. Angegeben ist die Standardabweichung.

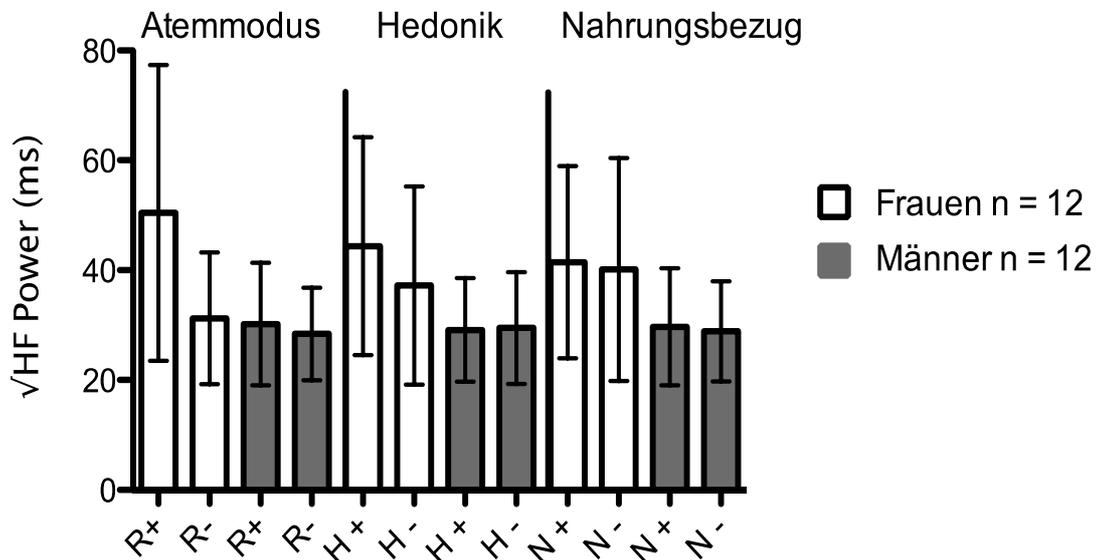
Der Effekt der riechenden Nasenatmung auf die HF Power war bei den Frauen stärker als bei den Männern ausgeprägt. Die „Geschlecht x Atemmodus“-Interaktion wurde dadurch signifikant ( $F= 4,2$ ;  $p= 0,05$ ). Im ungepaartem T-Test resultierte ein signifikanter Unterschied, wenn man die Differenz zwischen riechender und nicht riechender Atmung für Männer und Frauen prüfte ( $T= 2,1$ ;  $p= 0,05$ ).

Auch Abbildung 25 zeigt, dass bei Frauen die HF Power in der Phase der riechenden Nasenatmung deutlich stärker anstieg als bei den Männern. Zwischen nahrungsbezogenen und nicht nahrungsbezogenen Odorantien gab es nur einen geringen Unterschied in der HF Leistung (siehe Abb. 25, rechts). Hingegen zeigt sich in Abbildung 25 unter Hedonik bei den Frauen eine deutlich größer HF Power bei den angenehmen Odorantien im Vergleich zu den unangenehmen Odorantien.

Es lag ein Haupteffekt von Hedonik auf die HF Power vor ( $F= 5,2$ ;  $p= 0,032$ ). Bei den angenehmen Odorantien war die HF Power im gepaartem T-Test signifikant größer als bei den unangenehmen Odorantien ( $T= 2,2$ ;  $p= 0,039$ ).

Frauen reagierten signifikant stärker auf die angenehmen Gerüche mit einer Zunahme der HF Power als Männer womit der Interaktionseffekt von hedonischer

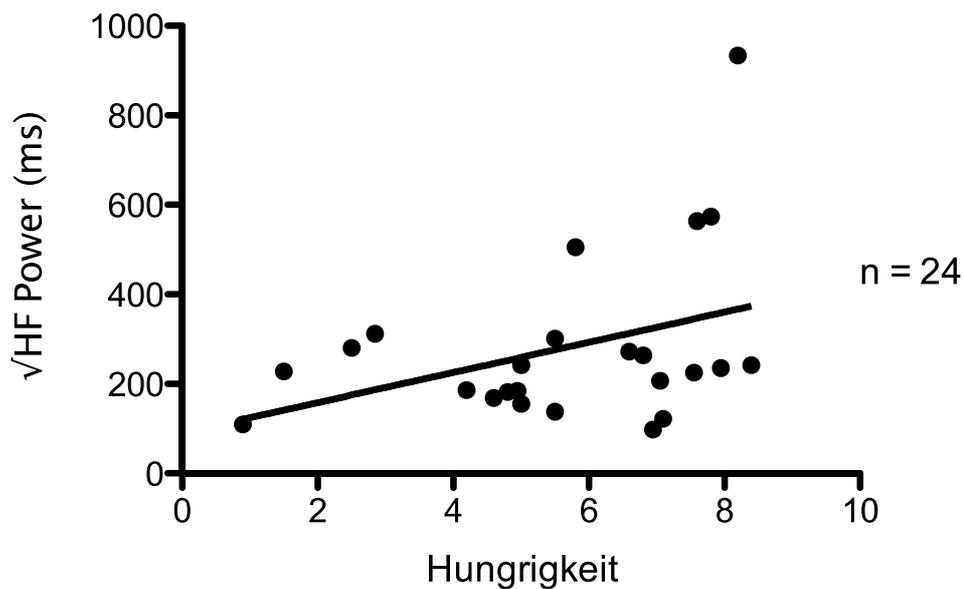
Valenz und Geschlecht signifikant wurde ( $F=6,4$ ;  $p= 0,02$ ). Im entsprechenden T-Testvergleich resultierten die Werte  $T=2,6$  und  $p= 0,02$ .



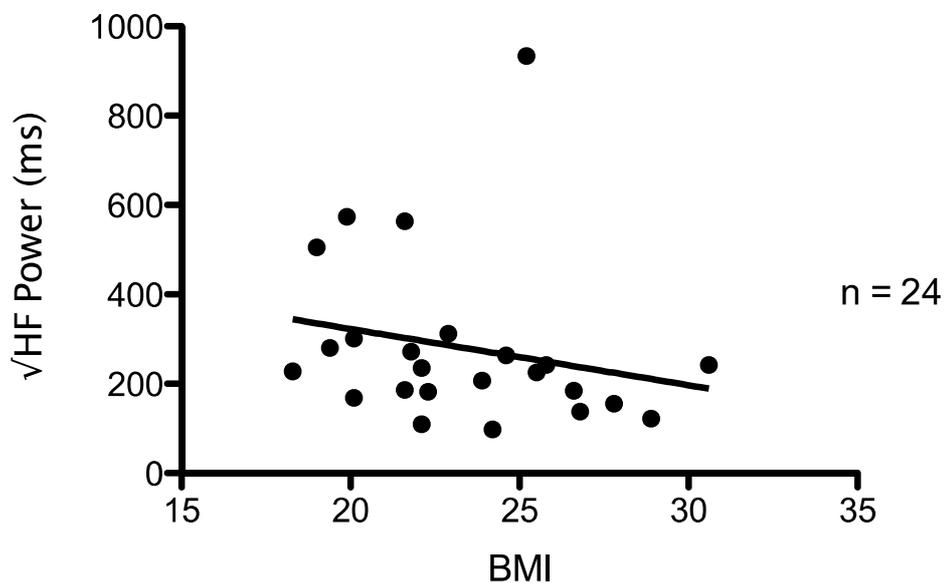
**Abbildung 25: HF Power in Abhängigkeit von Atemmodus, Hedonik, und Nahrungsbezug bei Männern und Frauen** Die HF Power wurde für die nahrungsbezogenen (N+) und nicht nahrungsbezogenen (N-) Odorantien, sowie für die angenehmen (H+) und unangenehmen (H-) Odorantien und bei riechender Nasenatmung (R+) und nicht riechender Mundatmung (R-) aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen aller aufgezeichneten EKG-Messreihen ermittelt und in Millisekunden (ms) dargestellt. Angegeben ist die Standardabweichung.

Der Hungerstatus war als Kovariate nur marginal signifikant ( $F= 3,07$ ;  $p= 0,09$ ).

Es ergab sich allerdings eine signifikante Partial-Korrelation zwischen HF-Power bei riechender Nasenatmung und Hungerstatus, wenn man den Einfluss des BMI als Kontrollvariable berücksichtigt mit  $r= 0,46$  und  $P= 0,03$  (siehe Abbildung 26). Der BMI übte einen leichten negativen Effekt auf die HF Power aus (siehe Abbildung 27). Als die Korrelation der HF Power mit dem Hungerstatus für diesen BMI-Einfluss korrigiert wurde, erhöhte sich die Signifikanz. Das bedeutet, dass bei einem geringeren BMI der Einfluss des Hungerstatus deutlicher wird.



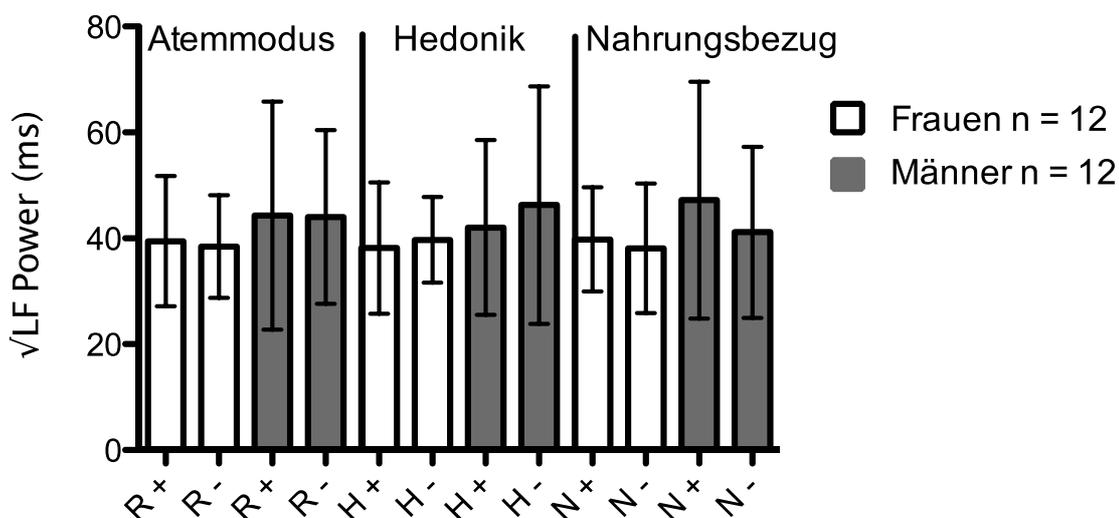
**Abbildung 26: Relation von Hungrigkeit und HF Power** Der Hungerstatus wurde über eine visuelle Analogskala abgefragt (siehe Ratingskalen im Anhang). Die HF Power wurde aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen aller aufgezeichneten EKG-Messreihen ermittelt und in Millisekunden (ms) dargestellt.



**Abbildung 27: Relation von HF Power und BMI** Der BMI errechnete sich aus dem erhobenen Gewicht und Größe der Teilnehmer ( $BMI = m/l^2$ ). Die HF Power wurde aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen aller aufgezeichneten EKG-Messreihen ermittelt und in Millisekunden (ms) dargestellt.

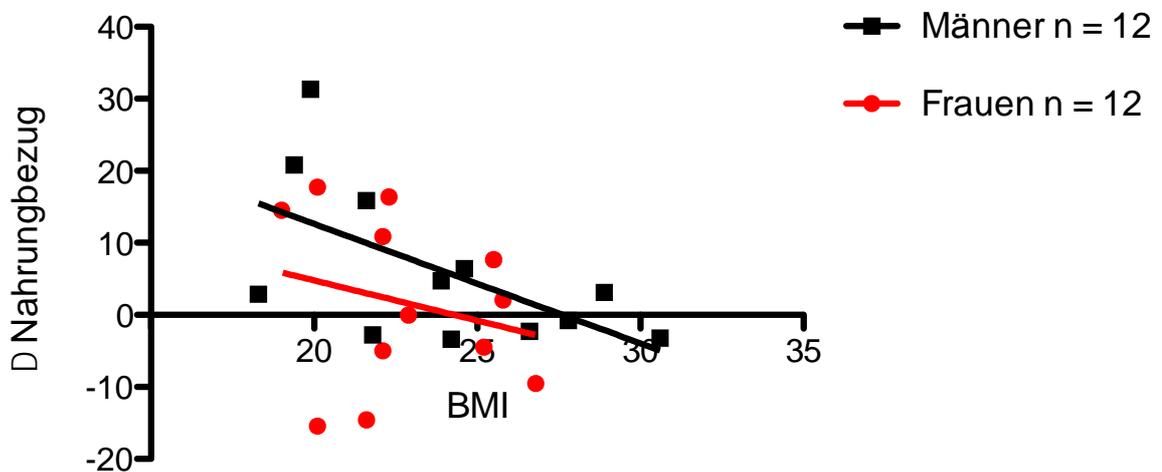
In der sympathoton vermittelte LF Power zeigen sich insgesamt weniger Effekte. Bei Männern und Frauen (siehe Abb. 28) ergab sich tendenziell bei riechenden Nasenatmung im Vergleich zur nicht riechenden Mundatmung, bei den unangenehmen im Vergleich zu den angenehmen Odorantien und bei den nahrungsbezogenen im Vergleich zu den nicht nahrungsbezogenen Odorantien eine größere LF Power. Allerdings ohne Vorhandensein signifikanter Haupteffekte von Hedonik, Nahrungsbezug und Atemmodus auf die LF Power.

Lediglich lag eine Dreifachinteraktion zwischen Nahrungsrelevanz, Atemmodus und Geschlecht vor ( $F=4,69$ ;  $p=0,04$ ). In der Phase der riechenden Nasenatmung im Vergleich zur nicht riechenden Mundatmung kam es bei den Männern stärker als bei den Frauen, zu einem Anstieg der LF Power bei den nahrungsbezogenen Odorantien.



**Abbildung 28: LF Power in Abhängigkeit von Atemmodus, Hedonik und Nahrungsbezug bei Männern und Frauen** Die LF Power wurde für die nahrungsbezogenen (N+) und nicht nahrungsbezogenen (N-), für die hedonisch angenehmen (H+) und hedonisch unangenehmen (H-) Odorantien und bei riechende Nasenatmung (R+) und nicht riechender Mundatmung (R-) aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen aller aufgezeichneten EKG-Messreihen ermittelt. Angegeben ist die Standardabweichung.

Bei Berechnung der Partialkorrelation von der Differenz zwischen nahrungsbezogener und nicht nahrungsbezogener LF Power mit dem BMI ergab sich eine Signifikanz ( $r = -0,43$ ;  $p = 0,04$ ), wenn man den Einfluss des Geschlechts herausrechnet. Bei Männern war demnach die Nahrungsrelevanz umso stärker, desto höher der BMI war. Abbildung 29 zeigt den Effekt des Nahrungsbezugs auf die LF Power in Relation zum BMI.



**Abbildung 29: BMI und der Effekt des Nahrungsbezuges auf die LF Power** Die LF Power wurde für die nahrungsbezogenen Odorantien (Kohl und Himbeere) und die nicht nahrungsbezogenen Odorantien (Rose und Kresol) für die riechende Phase und die nicht riechende Phase aus dem Frequenzspektrum der Spektralanalysen aller aufgezeichneten EKG-Messreihen ( $n=24$ ) errechnet. Für jede Messreihe wurde die Differenz zwischen dem Mittelwert der LF Power der angenehmen Odorantien (Himbeere und Rose; H+) und dem Mittelwert der LF Power der unangenehmen Odorantien (Kresol und Kohl, H-) gezogen und nach Männern und Frauen in Beziehung zum BMI gesetzt.

## 6 Diskussion

Die vorliegende Arbeit ging der Frage nach, ob das Riechen verschiedener Odorantien die Herzschlagfolge gesunder Freiwilliger beeinflusst. Die Unregelmäßigkeit des Herzschlages wird durch das Zusammenspiel des Sympathikus und Parasympathikus am Schrittmacher des Herzens, dem Sinusknoten, erzeugt. Anhand der Parameter aus der frequenzbasierten Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) konnte die sympatho-vagale Balance quantitativ bestimmt werden. Denn langsame sympathisch und schnelle parasympathisch vermittelte Schwankungen der Herzschlagfolge können durch jeweils „low frequency“ (LF) und „high frequency“ (HF) Banden im Leistungsdichtespektrum der RR-Abstände differenziert werden. Die zeitbasierten HRV-Kennwerte und die nicht-linearen Parameter aus dem Poincaré-Plot wurden ebenfalls ausgewertet. Sie liefern allerdings lediglich redundante Ergebnisse zu den frequenz-basierten Parametern, so dass sich die Diskussion auf die HF- und LF-Leistungsdichtewerte der HRV beschränken soll. Hauptaugenmerk galt der Frage, ob Nahrungsbezug und hedonische Valenz von Odorantien die sympatho-vagale Balance beeinflussen. Die Odorantien, die sich in diesen Attributen unterschieden, wurden durch eine umfassende Vorstudie an 66 Probanden ermittelt und für die Auswahl in dieser Studie herangezogen. Zudem interessierte, welche Rolle BMI, Geschlecht und Hunger hierbei spielen.

### **Odorantieneffekte auf die vagal-vermittelte HF-Leistungsdichte der HRV**

Beim Vergleich von insgesamt 6 abwechselnden 90-Sekundenepochen, in denen die VersuchsteilnehmerInnen die Odorantien entweder durch schnüffelnde Einatmung gerochen haben oder bei Verschluss der Nase mit einer Nasenklemme nicht-riechend durch den Mund atmeten, konnte eine signifikant größere HF-Leistung bei riechender Nasenatmung festgestellt werden. Bei Frauen war dieser Effekt größer als bei Männern. Frauen zeigten ferner eine stärkere Zunahme der HF-Leistungsdichte bei angenehmen im Vergleich zu unangenehmen Gerüchen als Männer. Auf die Diskussion der Geschlechtsunterschiede soll weiter unten noch

näher eingegangen werden. Die differentiellen Einflüsse von Geschlecht und Hedonik sprechen dagegen, dass lediglich der Unterschied zwischen Nasen- und Mundatmung für die Unterschiede in der HF-Komponente verantwortlich war. In der HF-Komponente der HRV bildet sich vor allem die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) ab. Sie entsteht durch Verlangsamung und Beschleunigung des Herzschlags bei jeweils Aus- und Einatmung unter dem Einfluss afferenter und efferenter Impulse des Nervus Vagus (Shaffer, 2011). Durch den längeren und engeren Atemweg bei Nasen- im Vergleich zur Mundatmung könnte ein höherer Atemwegswiderstand die RSA beeinflusst haben. In einer früheren Bachelorarbeit desselben Betreuers wurde dieser Frage gezielt nachgegangen (Erlor, 2016). Probanden sollten bei Mundatmung mit Nasenklemme entweder durch ein Mundstück oder durch ein 1m langes Giebelrohr regelmäßig ein- und ausatmen. Während die mittels Atemgurt erfassten Respirogramme eine deutlich verstärkte Atemexkursion bei erhöhtem Atemwegswiderstand während der Giebelrohratmung zeigten, war die HF-Leistung der HRV aber im Vergleich zur Atmung ohne Giebelrohr signifikant erniedrigt, also nicht verstärkt. Somit konfundieren atemmechanische Unterschiede zwischen Nasen- und Mundatmung nicht die Odorantieneffekte in dieser Studie.

Da die hedonische Bewertung von Lebensmittelreizen zumindest teilweise über den mit dem Reiz verbundenen Sättigungswert mitdefiniert wird (McCrickerd et al., 2015), war von Interesse, ob die vagal vermittelten Effekte auf die HF-Komponente der HRV durch Hunger und BMI beeinflusst wurde. Es zeigte sich, dass, je hungriger die Versuchsteilnehmer unabhängig vom Geschlecht waren, desto stärker war die HF-Leistung. Die Signifikanzschwelle dieser Korrelation war allerdings nur dann überschritten, wenn die Partialkorrelation des BMI als Kontrollvariable herausgerechnet wurde. Denn der BMI korrelierte (nicht-signifikant) negativ mit der HF-Leistung. Man kann hieraus ableiten, dass die Steigerung der vagalen Impulse auf die Herzschlagfolge mit zunehmendem Hunger durch einen erhöhten BMI gedämpft wird. Die insbesondere im hungrigen Zustand verstärkte Erhöhung der vagalen Aktivität durch Geruchsreize auf die Herzschlagfolge lässt sich als kardiales Pendant einer kephalen gastrointestinalen Reaktion deuten und steht im Einklang mit Belegen, dass das Sättigungsgefühl nach einer Mahlzeit mit einer gesteigerten sympathischen Aktivität einhergeht (Harthoorn und Dransfield, 2008).

Der Einfluss von emotionalen Reizverarbeitungsprozessen auf die HRV ist auch in anderen Sinnesmodalitäten untersucht worden. Thayer et al. (2006) beschreiben, dass sowohl negative Emotionen wie Trauer und Ekel als auch positive Emotionen wie Freude beim Betrachten von Fernsehdarstellungen eine generelle Senkung der HRV-Leistungsdichte bewirken. Für den Widerspruch dieses Befundes mit den Steigerungen der vagal vermittelten HRV durch angenehme Odorantien in der vorliegenden Studie könnte von Bedeutung sein, dass die olfaktorischen Reize in Synchronisation mit der Atmung verarbeitet werden. Denn lediglich in der Inspiration erfolgt die sensorische Reizung, die in der Expiration pausiert. Vermutlich kam es durch die atemsynchrone Aktivierung und Deaktivierung parasymphatisch inhibierender und sympathisch exzitatorischen Impulse zum Sinusknoten des Herzens zu einer Zunahme der vagal vermittelten respiratorischen Sinusarrhythmie. Diese Annahme wird durch Befunde bekräftigt, die zeigen, dass aktives Schnüffeln von Tieren als Strategie bei der Nahrungssuche die olfaktorischen Verarbeitungsprozesse in Abhängigkeit vom Atemrhythmus verstärkt (Wachowiak, 2011). Somit erscheint plausibel, dass visuelle Reize, die asynchron zur Atmung emotionale Verarbeitungen hervorrufen, die respiratorische Sinusarrhythmie dämpfen. Innerhalb des zentralen autonomen Netzwerkes im Hirnstamm spielen die sympatho-exzitatorischen efferenten Ausgänge der rostroventralen Medulla sowie die parasymphatho-inhibitorischen efferenten Ausgänge des Nucleus ambiguus und der dorsalen motorischen Vaguskerne für die Rhythmisierung der Herzschlagfolge unter dem Einfluss der Impulse von Lungendehnungsrezeptoren eine entscheidende Rolle. Schlüsselregionen emotionaler Verarbeitungsprozesse des limbischen Systems wie der Präfrontalkortex und die Amygdala modulieren die Aktivität des zentralen autonomen Netzwerkes (Thayer und Lane, 2009).

### **Odorantieneffekte auf die sympathisch-vermittelte LF-Leistungsdichte der HRV**

Die überwiegend sympathoton vermittelte LF-Komponente zeigte insgesamt deutlich weniger Effekte in Abhängigkeit von den verschiedenen Odorantien. Bemerkenswert ist wiederum der Einfluss des BMI. Je größer der BMI war desto geringer wurde der Einfluss des Nahrungsbezuges der Odorantien auf die LF-Leistungsdichte. Dieser Effekt war bei Männern ausgeprägter als bei Frauen. Folglich spielte der BMI sowohl für die vagal-vermittelte HF- als auch für die überwiegend sympathoton vermittelte LF-

Komponente der BMI eine modulierende Rolle, indem er generell die autonome Reaktivität der Herzschlagfolge auf Odorantien dämpfte. Zwar werden kephale Reaktionen maßgeblich über den Vagus reguliert, dennoch verlaufen auch sympathische Nervenstränge zum Intestinaltrakt, welche den Transport im Gastrointestinaltrakt fördern (Lang, 2005).

### **Rolle des BMI für die Odorantieneffekte auf die Herzschlagfolge**

Der BMI ist ein Index zur Bewertung des Körpergewichtes in Relation zur Körpergröße. In der Studie variierte der BMI zwischen 18,29 und 30,56. Laut deutscher Adipositasgesellschaft liegt ein Normalgewicht zwischen 18,5-24,9 und ab 25 spricht man von Präadipositas (Übergewicht) und ab einem BMI von 30 von Adipositas 1. Grad. Der Median lag in der Studie bei 22,63 und der durchschnittliche BMI bei 23,38. 8 Personen lagen im präadipösen Bereich und eine Person im Bereich Adipositas 1. Grades und eine Person im untergewichtigen Bereich (18,29). Übergewicht ist ein Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen und wird mit veränderten sympathischen Reaktionen in Verbindung gebracht (Davy und Orr 2009). Die Frage erscheint interessant, inwieweit der Verlust autonomer Reaktivität auf Essensreize bei steigendem BMI eine Bedeutung für das Essverhalten haben könnte. Es existieren umfangreiche Belege dafür, dass Prä-Adipositas und manifeste Adipositas mit einer Reduktion der Herzratenvariabilität einhergehen (Yoo et al. 2016, Parish et al. 2016, Idomathi et al. 2015). In einer Studie zeigte sich bei einem BMI unter 20 eine signifikant höhere HF Power im Vergleich zu höheren BMI (Molfino, 2009).

Werden hochkalorische Lebensmittel Adipösen visuell präsentiert zeigen sie interessanterweise eine signifikant stärkere HF-Leistungsdichte in der HRV als nicht adipöse Personen (Pause, 1996). Hieraus lässt sich folgern, dass der Verlust vagaler Reaktivität auf olfaktorische Reize bei Adipösen durchaus mit einer verstärkten vagalen Reaktivität auf visuelle Nahrungsreize einhergehen kann. Die verstärkte Reaktivität auf visuell dargebotene „attraktive“ Essensreize bei hohem BMI könnte also bereits ungezügelter Essverhalten begünstigen, während die vagale Reaktivität auf olfaktorische Reize in Abhängigkeit von Hunger, wie sie in dieser Studie festgestellt wurde, eine eher physiologisch-homeostatische Kontrolle des

Essverhaltens begünstigen könnte. Im Einklang mit dieser Vermutung steht eine neuere Studie von Young und Watkins (2016). Die Autoren verglichen Studienteilnehmer mit hohen und niedrigen Scores aus einem Fragebogen für ungezügeltessverhalten. Ungezügeltessverhalten ist charakterisiert durch die Neigung, zu essen, wenn Betroffene weniger durch Hunger als durch emotionale Antriebe zum Essen angeregt werden. Studienteilnehmer mit ungezügeltessverhalten zeigten sowohl eine verminderte vagal vermittelte HRV als auch einen größeren Anstieg des Blutglucosespiegels nach Verabreichung einer Zuckerlösung mit hohem glycemischen Index (GI; reine Glucose), nicht aber nach Zuckerlösungen mit niedrigem GI (Isomaltose) oder Wasser. Lediglich bei Studienteilnehmern mit niedrigen Scores für ungezügeltessverhalten ergab sich ein Einfluss von Hunger auf den Blutglucoseanstieg. Dieser Befund deutet auf einen engen Zusammenhang zwischen ungezügeltessverhalten, prädiabetischer Stoffwechsellage und Verlust von vagaler Reaktivität auf Essensreize hin. Die Autoren verweisen darüber hinaus auf interessante Hinweise, dass ein erhöhter Vagustonus generell als Biomarker für die individuelle Kapazität betrachtet wird, Handlungsimpulse zu kontrollieren (Williams et al. 2015, Zahn et al. 2016, Appelhans und Lücken 2006, zit. nach Young und Watkins 2016).

### **Geschlechtsunterschiede in der Wirkung von Odorantien auf die Herzratenvariabilität**

Interessant ist die Dissoziation der autonomen Reaktivität zwischen Frauen und Männern in der vorliegenden Studie. Frauen reagierten mit einer stärkeren vagalen Modulation der Herzschlagfolge als Männer, wenn ihnen angenehme Gerüche dargeboten wurden. Ferner zeigten sie in den subjektiven Angaben zur Intensität der Odorantien eine geringere Abnahme als Männer über die Zeit im Sinne einer schwächeren Adaptation oder Habituation. Dies steht im Einklang mit Belegen, dass die Beliebtheit der Odorantien im Laufe der Messung bei Frauen weniger abnimmt als bei Männern (Triscoli et al., 2014). Männer (mit niedrigem BMI) wiederum zeigten eine größere sympathische Reaktion als Frauen bei den nahrungsbezogenen Odorantien.

Viele Berichte weisen auf Geschlechterunterschiede beim Riechen hin (Oliveira-Pinto, et al 2014). So konnten Frauen Odorantien in einer Studie präziser als Männer bestimmen und nahmen die Odorantien intensiver wahr, andererseits unterschieden sich die affektiven Bewertungen bei Männern und Frauen nicht wesentlich (Ferdenzi, 2013). Oliveira-Pinto et al. (2014) stellten fest, dass Frauen signifikant mehr Gliazellen und Neurone im Bulbus Olfactorius der ersten synaptischen Umschaltstelle der Riechbahn im Gehirn haben als Männer. Meta-Analysen zeigen Geschlechterunterschiede in der Größe und Zusammensetzung sowie Neuronendichte der Amygdala, des Hippocampus, und der Insula, die für die emotionale Reaktion auf Geruchsreize bedeutsam sind (Ruigrok et al., 2013). Dies ist interessant im Hinblick darauf, dass die Aktivitäten der Amygdala bei Frauen positiv mit der HRV assoziiert sind nicht jedoch bei den Männern (Nurgent et al., 2011). Andere Studien belegen zudem, dass Frauen generell eine höhere vagal vermittelte HRV als Männer aufweisen (Koenig, 2015), ein Unterschied, der sich interessanterweise bereits im Neugeborenenalter nachweisen lässt (Acharya, 2006). Studien belegen einen Zusammenhang zwischen Reproduktionshormonen und olfaktorischen Funktionen (Doty, 2009). Eine Untersuchung der olfaktorischen Verarbeitungen in Abhängigkeit vom Menstruationszyklus ergab in der Ovulationsphase eine verstärkte olfaktorische Verarbeitung als in der Follikelphase, zudem wurden Gerüche in der Ovulationsphase als komplexer wahrgenommen und differenzierter beschrieben als in der Follikelphase (Pause, et al. 1996). Eine weitere Studie untersuchte bei 10 jungen Frauen während der Menstruationsphase, in der Follikelphase und in der Lutealphase sowohl endogene Hormonkonzentrationen (wie Östrogen und Progesteron) als auch die Herzratenvariabilität. Dabei war die zyklische Variation der Hormonkonzentrationen während des Menstruationszyklus nicht signifikant mit der HRV assoziiert. Allerdings korrelierte in der Ovulationsphase die HRV mit den Maximalwerten der Östrogenkonzentration (Leicht, 2003). Weiterhin stellte eine andere Studie unter Inhalation von Yuzu, einer japanischen Citrusfrucht einen Anstieg der HF Power unabhängig vom Menstruationszyklus fest (Matsumoto et al., 2016).

Dennoch erscheint es sinnvoll bei künftigen Studien die Zyklusphase von Studienteilnehmerinnen zu kontrollieren.

## 7. Fazit

Die Ergebnisse sprechen dafür, die HRV-Methode für die Zwecke der Ernährungs- und Essverhaltensforschung anzuwenden und weiterzuentwickeln. Die Modulation der autonomen Reaktivität auf Geruchsreize durch Hunger und BMI eröffnen Hypothesen zum Einfluss einer Gewichtsreduktion. Möglicherweise eignet sich das hier vorgestellte Studienprotokoll auch bei der Differenzierung von ungezügelterm und gezügeltem Essverhalten als bedeutsamen Prädiktor für den Erfolg von Diätmaßnahmen. Spannend sind die Hinweise, dass eine radikale Maßnahme zur Adipositas therapie, die bariatrische Operation, mit passageren Störungen und Überempfindlichkeiten für Geschmacks- und Geruchsreize einhergeht (Holinsky et al. 2015). Interessant wäre es zu untersuchen, ob diese Reaktionen und deren Normalisierung mit Veränderungen der autonomen Reaktivität auf Odorantien einhergehen.

## 9 Literaturverzeichnis

**Agapakis, C.M & Tolaas S.** (2012): Smelling in multiple dimension; *Current Opinion in Chemical Biology*, 16:569-575

**Angelucci, F. L. et al.** (2014): Physiological effects of olfactory stimuli inhalation in humans: An overview; *International Journal of Cosmetic Science*, 36 117-123

**Ardenne, M. et al.** (1994): Pschyrembel; klinisches Wörterbuch; de Gruyter Berlin, New York 257. Auflage

**Appelhans, B. M. & Luecken, L. J.** (2006): L. J. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of general psychology*

**Bierbach, E.** (2009): Naturheilpraxis heute: Lehrbuch und Atlas; *Elsevier GmbH, München 4. Auflage*

**Buck, L., Axel R.** (1991): A novel multigene family may encode odorant receptors: A molecular basis for odor recognition: *Cell* 65, 175-187.

**Buijs, R.M. et al.** (2013): The autonomic nervous system: a balancing act, *Handbook of Clinical Neurology, Autonomic Nervous System*, Voll. 117 (3rd series) Elsevier B.V.

**Doty, RL, Cameron, E.L.** (2009): Sex differences and reproductive hormones influences on human odor; *Physiol Behav.* 25; 97(2): 213–228.

**Dockray, G.J** (2013): Enteroendocrine cell signaling via the vagus nerve; *Current Opinion in Pharmacology* 13:954-958

**Erler, (2016):** Spektralanalyse der Herzratenvariabilität zur Erfassung von Apnoe-Epochen: eine experimentelle Studie bei gesunden Versuchspersonen. *Bachelorarbeit HAW Hamburg*

**Fernández-Aranda, F. et al.** (2016): Smell-taste dysfunction in extreme-weight/eating conditions: Analysis of hormonal and psychological interactions; *Endocrine* 51:256:-267

**Ferdenzi, C. et al.** (2013): Variability of Affective Responses to Odors: Culture, Gender, and Olfactory Knowledge; *Chem. Senses* 38: 175-186,

**Faller, A., Michael, S. (2016):** Der Körper des Menschen: Einführung in Bau und Funktion. *Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York* 17. Auflage

**Harthoorn, L.F. & Dransfield, E. (2008):** Periprandial changes of the sympathetic-parasympathetic balance related to perceived satiety; *Eur J Appl Physiol* (2008) 102-601-608

**Holinski, F. et al. (2015):** Olfactory and Gustatory Function After Bariatric Surgery, *Obes Surg* 25:2314-2320

**Indumathy, et al. (2015):** Decreased baroreflex sensitivity is linked to sympathovagal imbalance, body fatmass and altered cardiometabolic profile in pre-obesity and obesity; *Metabolism Clinical and experimental* 64 1704-1714

**Koenig, J. & Thayer, J.F. (2015):** Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta analysis; *Neuroscience and Behavioural Reviews* 65: 288-310.

**Kitamura, A. et al. (2010):** Role played by Afferent Signals from Olfactory, Gustatory, and Gastrointestinal Sensors in Regulation of Autonomic Nerve Activity; *Biol. Pharma. Bull.* 33 (11) 1778-1782

**Lang, S. (2007):** Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie; *Springer Medizin Verlag Heidelberg*

**Leicht, A.S. (2003):** Heart rate variability and endogenous sex hormones during the menstrual cycle in young women. *Exp Physiol.* 88(3):441-6.

**Lushak, O.V. et al. (2015):** Food odors triggers an endocrine response that effects food ingestion and metabolism; *Cell. Moll. Life Sci.* 72:3143-3155

**Matsumoto, T. et al. (2016):** Aromatic effects of a Japanese citrus fruit-yuzu (*Citrus junos* Sieb. ex Tanaka)-on psychoemotional states and autonomic nervous system activity during the menstrual cycle: a single-blind randomized controlled crossover study. *Biopsychosoc Med.* doi: 10.1186/s13030-016-0063-7.

**Molfino, A. et al. (2009):** Body mass index is related to autonomic nervous system as measured by heart rate variability; *European Journal of Clinical Nutrition* 63: 1263-1265

**McCrickerd, K. & Forde C. G. (2015):** Sensory influences on food intake control: moving beyond palatability; *Obesity reviews* 17, 18-29

**Nurgent, A.C.** et al. (2011): Sex differences in the neural correlates of autonomic arousal: A pilot PET study; *Int J Psychophysiol.* 80 (3):182-91.

**Oliveira-Pinto, A.V.** et al. (2014): Sexual Dimorphism in the Human Olfactory Bulb: Female Have More Neurons and Glia Cells than Males. *PLOS ONE* Volume 9 Issue 11 e111733

**Parish, R.C.** et al. (2016): Resting Heart Rate Variability, Inflammation, and Insulin Resistance in Overweight and Obese Adolescents. *Metab Syndr Relat Disord.* 14(6):291-7.

**Pause, B.M.** et al (1996): Olfactory information processing during the course of the menstrual cycle; *Biol Psychol.* 27;44(1):31-54.

**Power, M. L. & Schulin, J.** (2007): Anticipatory physiological regulation in feeding biology: Cephalic phase responses; *Appetite* 50: 194-2006

**Powley, T. L.** (2000): vagal circuitry mediating cephalic-phase responses to food; *Appetite* 34, 184-188

**Ranzenhofer, L. M.** et al. (2016): Real-Time Assessment of Heart Rate Variability and Loss of Control Eating in Adolescent Girls: A Pilot Studie; *International Journal of Eating Disorders* 49:197-201

**Rajendra-Acharya, U.** et al. (2006): Heart rate variability: review; *Med Bio Eng Comput* 44:1031-1051

**Rolls, T. R.** (2005): Taste, olfactory, and food texture processing in the brain, and the control of food intake. *Physiology and Behaviour* 85: 45-56

**Ruigrok, A.N.** et al. (2014): A meta-analysis of sex differences in the human brain structure. *Neurosci Biobehav Rev.* 39:34-50.

**Sugawara, Y.** et al. (2013): Relationship between Mood Change, Odour and Ist Physiological Effects in Humans While Inhaling the Fragrance of Essential Oils as well as Linalool and ist Enantiomers; *Molecules* (18), 3312-3338.

**Shaffer, F.** et al. (2014): A healthy heart is not a metronom: an integrative review oft he heart's anatomy and heart rate variability; *frontiers in psychology* doi: 10.3389/fpsyg.2014.01040

**Schünke, M.** et al. (2009): Prometheus: Lernatlas der Anatomie: Kopf, Hals und Neuroanatomie; *Georg Thieme Verlag Stuttgart* 2. Auflage

**Silva, L.D. et al. (2014):** Sensorial differences according to sex and ages: Oral Diseases (2014) 20, e103—e110

**Taylor, M.J. et al. (2017):** Cardiac autonomic regulation as a predictor for childhood obesity intervention success; Int J Obes (Lond) doi: 10.1038/ijo.2017.25.

**Triscoli, C. et al. (2014):** Liking and wanting odors: different effects of repetitive exposure in men and women. *Frontiers in Psychology*, doi: 10.3389/fpsyg.2014.00526

**Thayer, F. J. & Lane, R.D. (2009):** Claude bernhard an the heart-brain connection: Further elaboration of neuroviszzerale Integration; *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 33: 81-88

**Treff, K. T. (1996):** Physiology effects of flavour perception; *Trends in Food Science & Technology* Dez. Vol. 7

**Wachowiak, M. (2011):** All in a sniff: Olfaction as a Model for Active Sensing; *Neuron*. 71(6): 962:973

**Williams, D. P. et al. (2015):** Resting heart rate variability predicts self-reported difficulties in emotion regulation: a focus on different facets of emotion regulation. *Frontiers in psychology* 6

**Yoo, H.J. et al. (2016):** Clinical implication of body size phenotype on heart rate variability. *Metabolism* 65(11):1589-1596

**Young, H.A. & Watkins, H. (2016):** Eating disinhibition and vagal tone moderate the postprandial response to glycemic load: a randomised controlled trial; *Scientific Reports* 5:35740

**Zahn, D. et al. (2016):** Heart rate variability and self-control—A meta-analysis. *Biological psychology* 115, 9–26

# 10 Anhang

## 10.1 Ethikantrag

### Antrag auf Stellungnahme der Ethikkommission des Competence Centers Gesundheit

Bitte reichen Sie den Antrag nach Möglichkeit mit allen Anlagen als ein PDF-Dokument

#### 1 AntragstellerIn

1	Name der Antragstellerin/ des Antragstellers	Alina Muscate
	Fakultät/Department	Life Sciences/Ökotoxikologie
	Adresse	Ulmenliet 20
	Position	Studierende BA Ökotoxikologie
	Email	alina.muscate@haw-hamburg.de

#### 2 BetreuerIn

2	Bei Qualifikationsarbeiten (Promotion, Masterthesis, Bachelorthesis): Namen der betreuenden Professorinnen und/oder Professoren	Prof. Dr. Jürgen Lorenz Prof. Dr. Andrea Bauer
	Fakultät/Department	Life Sciences/Ökotoxikologie/Medizintechnik
	Adresse	
	Position	
	Email	<a href="mailto:juergen.lorenz@haw-hamburg.de">juergen.lorenz@haw-hamburg.de</a> <a href="mailto:andrea.bauer@haw-hamburg.de">andrea.bauer@haw-hamburg.de</a>

#### 3 Kurztitel

3	Kurztitel des Forschungsvorhabens  Riechen und Herzschlagfolge
---	--

#### 4 Titel

4	Titel des Forschungsvorhabens  Einfluss von hedonischer Valenz, Vertrautheit und Nahrungsbezug von Geruchsreizen auf die Herzratenvariabilität im Elektrokardiogramm gesunder Freiwilliger.
---	---

#### 5 Datum

5	Datum des Antrags  30.06.2016
---	-------------------------------------

#### 6 Ziel

6	Welches Ziel verfolgt das Forschungsvorhaben?
---	---

Anhand der EKG-basierten Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) sollen folgende Eigenschaften von Odorantien in ihrer Wirkung auf das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus untersucht werden a) die hedonische Valenz, also ob ein Geruch angenehm oder unangenehm bewertet wird, b) die Vertrautheit sowie c) der Nahrungsmittelbezug, also ob z.B. Frisches Brot oder Parfum dargeboten wird. Ferner soll der Einfluss von Hunger- und Sättigungsgefühl dabei einbezogen werden. 24 gesunde Freiwillige (12 Männer, 12 Frauen) sollen hierfür im Sensoriklabor der HAW getestet werden. Ziel ist es, anhand der Ergebnisse an gesunden Freiwilligen einen Versuchsaufbau zu konzipieren, mit dem die Hypothese überprüft werden kann, ob das Zusammenspiel von Lebensmittelsensorik und vegetativen Reaktionen bei Patienten mit gestörtem Essverhalten abnorm verändert ist.

### 7 Art der Forschung

7	Handelt es sich um	
	Primärforschung	<input checked="" type="checkbox"/>
	Sekundärforschung	<input type="checkbox"/>
	Handelt es sich um eine Promotion?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
	Anderes (bitte erläutern)	<input checked="" type="checkbox"/> Bachelorarbeit

8	Wurde die geplante Studie bereits bei einer anderen Ethikkommission eingereicht?	
	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein	
	Wenn ja, wo?	_____
	Wurde die Studie von o.g. Kommission befürwortet?	
	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	
	Ggf. Kommentar:	_____

### 9 Relevanz

9	Wie ist die Untersuchung wissenschaftlich gerechtfertigt? (theoretischer Rahmen, Relevanz des Forschungsvorhabens)
	Geruchswahrnehmungen bestimmen maßgeblich Präferenzen von Lebensmitteln und das Essverhalten. Eine Studie konnte zeigen, dass adipöse Patienten ein vermindertes Riechvermögen aufweisen und dass dieser Befund mit einer reduzierten Ausschüttung gastrointestinaler Hormone einhergeht, die das Sättigungsgefühl vermitteln (1). Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen Riechvermögen und Adipositas aber noch wenig beforscht.

Geruchsreize werden bei ihrem Einfluss auf gastrointestinale Hormone maßgeblich durch die Aktivität des Parasympathikus (Nervus Vagus) gesteuert (2). Die Herzratenvariabilitätsanalyse ist ein etabliertes Verfahren, um das Zusammenspiel des sympathischen und parasympathischen Nervensystems auf die Herzschlagfolge zu untersuchen (3). Verschiedene Studien belegen eine Zunahme der vagalen Einflüsse auf die Herzratenvariabilität durch angenehme Odorantien (4). Das Sättigungsgefühl hingegen scheint mit einer erhöhten Sympathikusaktivität einher zu gehen (5). Eine aktuelle Studie liefert Hinweise dafür, dass bei jugendlichen Mädchen mit unkontrolliertem Essverhalten die HRV vor einer Mahlzeit abnorm vermindert ist (6). Bei emotionalen Reizbewertungen gibt es eine enge Kopplung von Geruchswahrnehmungen und den Arealen des limbischen Systems im Gehirn (Amygdala und Hippocampus). Durch den Hypothalamus stehen limbische Hirnareale wiederum über reziproke Bahnen in enger Verbindung mit dem autonomen Nervensystem. Interessanterweise lässt sich bereits bei Neugeborenen zeigen, dass die Vertrautheit des Geruchs von Muttermilch die HRV bedeutsam beeinflusst und Reaktionen auf eine schmerzhafte Venenpunktion moduliert (7). Ein unvertrauter Vanillegeruch übte hingegen keine Wirkung auf die HRV bei den Säuglingen aus.

Derzeit gibt es noch keine umfassende Studie zum Einfluss von hedonische Valenz, Vertrautheit und Nahrungsmittelbezug von Odorantien sowie zum Einfluss von Hunger und Sättigung in ihrer Wirkung auf das autonome Nervensystem bzw. die HRV. Die Differenzierung dieser Faktoren bei Gesunden könnte dazu helfen, eine mögliche vegetative Störung bei der Verarbeitung olfaktorischer Reize bei Personen mit Essstörungen zu identifizieren.

(1) Fernández-Aranda F, Agüera Z, Fernández-García JC et al. 2016, Smell-taste dysfunctions in extreme weight/eating conditions: analysis of hormonal and psychological interactions, *Endocrine* 2016 51:256–267

(2) Kitamura A, Torii K, Uneyama H et al. 2010, Role Played by Afferent Signals from Olfactory, Gustatory and Gastrointestinal Sensors in Regulation of Autonomic Nerve Activity, *Biol. Pharm. Bull.* 2010, 33(11) 1778—1782

(3) Rajendra Acharya U, Paul Joseph K, Kannathal N et al. 2006, Heart rate variability: A review, *Med Biol Eng Comput.* 2006, 44(12):1031-51

(4) Köteles F und Balbulka P 2014, Role of expectations and pleasantness of essential oils in their acute effects, *Acta Physiol Hung.* 2014, 101(3):329-40

(5) Harthoorn LF und Dransfield E 2008, Periprandial changes of the sympathetic- parasympathetic balance related to perceived satiety in humans, *Eur J Appl Physiol.* 2008, 102(5):601-8.

(6) Ranzenhofer LM, Engel SG, Crosby RD et al. 2016, Real-Time Assessment of Heart Rate Variability and Loss of Control Eating in Adolescent Girls: A Pilot Study, Int J Eat Disord 2016; 49:2 197–201

(7) Neshat H, Jebreili M, Seyyedrasouli A et al. 2015, Effects of Breast Milk and Vanilla Odors on Premature Neonate's Heart Rate and Blood Oxygen Saturation During and After Venipuncture, Pediatr Neonatol. 2016; 57(3):225-31

## 10 Ziel, Design, Methodik

10 Fassen Sie das Forschungsvorhaben ausführlich zusammen: Forschungsziel, -design sowie gewählte Methodik, inklusive kurzer theoretischer Einbettung.

Ziel: Anhand der EKG-basierten Analyse der Herzratenvariabilität (HRV) sollen folgende Eigenschaften von Odorantien in ihrer Wirkung auf das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus untersucht werden a) die hedonische Valenz, also ob ein Geruch angenehm oder unangenehm bewertet wird, b) die Vertrautheit sowie c) der Nahrungsmittelbezug, also ob z.B. Frisches Brot oder Parfum dargeboten wird. Ferner soll der Einfluss von Hunger- und Sättigungsgefühl dabei einbezogen werden.

Den TeilnehmerInnen werden Riechproben dargeboten, die entsprechend folgender Attribute variiert werden:  
hedonische Valenz (präferiert vs. Nicht-präferiert),  
kognitiver Kontext (Nahrungsmittel vs. Nicht-Nahrungsmittel).  
Zusätzlich soll die Vertrautheit über Ratingskalen für jedes der 4 Odorantien gemessen werden.

Die Faktoren hedonische Valenz und kognitiver Kontext sollen zusätzlich für die Bedingungen des Sättigungsgefühls getestet werden (hungrig = mittags nach weggelassenem Frühstück „skip-one-meal“ vor der Mittagmahlzeit vs. gesättigt = gefrühstückt und nach Einnahme einer sättigenden Mahlzeit). Die beiden Sitzungen (hungrig versus satt) sollen an verschiedenen Tagen stattfinden.

Zur Erfassung primärer Studienparameter werden subjektive und physiologische Messungen durchgeführt.

**Subjektive Messungen:** es werden Ratingskalen in Form visueller Analogskalen (Akzeptanztest, Skala für Hunger- und Sättigungsgefühl, Skala für Stärke der Assoziation zu Nahrung, und Vertrautheit) angewendet und es wird nach der Art des Geruchs gefragt.

**Physiologische Messungen:** mittels Biopac-Gerät wird ein 1-Kanal-EKG der Ableitung I nach Einthoven sowie mittels Brustgurt die Atemexkursionen zur Bestimmung der Atemfrequenz registriert und digitalisiert. Das EKG wird in dann anhand der Kubios-HRV-Software weiter analysiert. Hierbei werden anhand der RR-Abstände die Kennwerte der HRV im Zeit- und Frequenzbereich analysiert. Von besonderem Interesse ist die Frequenzanalyse der Intervalle zwischen

zwei R-Zacken, bei der unterschiedliche vornehmlich vom Sympathikus oder Parasympathikus erzeugte Spektralbanden als Maß der so genannten sympatho-vagalen Balance herangezogen werden können.

Testung zur Feststellung normalen Riechvermögens:

Die Testung des Riechvermögens erfolgt mit für diese Zwecke entwickelten und als Medizinprodukte zugelassenen Riechstiften („sniffing sticks“). Die Testbatterie beinhaltet 12 Riechstifte, die an ihrer Filzspitze mit unterschiedlichen Odorantien ausgestattet sind. Nach Entfernung der Verschlussklappe wird dem Probanden in 2 cm Entfernung der Stift für die Dauer von 3 Sekunden vor die Nase gehalten. Nachdem der Proband/die Probandin durch schnüffelnde Einatmung den Geruch empfangen hat, werden ihm/ihr eine Karte mit 4 Auswahlantworten vorgelegt, von denen 1 die richtige Bezeichnung des Odorans wiedergibt. Bei 11 von 12 richtig erkannten Odorantien besteht in der untersuchten Altersgruppe normales Riechvermögen (Normosmie).

### **Verwendete Aromen in der EKG-Testung**

Die chemischen Substanzen werden bereits in der deutschen Lebensmittel- und Kosmetikindustrie eingesetzt. In der verwendeten Dosis und Applikationszeit, sind die in der Studie angewendet Substanzen nach bisherigen Wissen als unbedenklich einzustufen

Um individuell präferierte und nicht präferierte Aromen mit und ohne Nahrungsmittelbezug zu identifizieren, sollen die Probanden (/Probandinnen unter folgenden Aromen auswählen:

- Linalool (Veilchen): 1 %
- Methyl salicylate (Wintergrün): 1 %
- Cresol ortho (Kresol): 1%
- Thiomentanone-8,3 (Buccoblätter): 1 %
- Methylmercaptan (Kohl): 0,1 %
- Hydroxycitronellal (Maiglöckchen): 1%
- Erdnussaroma: 10 %
- Himbeer: 10 %
- Rauchextract: 10 %
- Rose: 10 %

### **Durchführung:**

Die Probanden erscheinen an zwei verschiedenen Tagen jeweils 1 Woche voneinander getrennt zur Messung, an einem Tag nüchtern (ohne Einnahme eines Frühstücks), am anderen Tag nach Frühstück und einer sättigenden Mittagsmahlzeit um 13:00 Uhr im Sensoriklabor der Fakultät Life Sciences der HAW. Zu Beginn werden Personendaten (Alter, Geschlecht, Gewicht, Körpergröße) erfasst. Danach erfolgt der standardisierte Test zur Feststellung eines normalen Riechvermögens mit den Riechstiften.

Dann werden die Probanden mit den Odorantien anhand der Ratingskalen getestet, die zur Auswahl der vier verschiedenen Testaromen dient:

- a) präferierte Aroma mit Nahrungsbezug
- b) nicht-präferiertes Aroma mit Nahrungsbezug
- c) präferiertes Aroma ohne Nahrungsbezug
- d) nicht-präferiertes Aroma ohne Nahrungsbezug

Für alle 4 Aromen wird darüber hinaus anhand einer 7-stufigen Likertskala die Vertrautheit abgefragt mit der Bewertung der Aussage: „Mir ist der Geruch vertraut“ (Trifft zu versus trifft gar nicht zu).

Nachfolgend werden den Probanden die EKG-Elektroden und der Atemgurt angelegt. In getrennten Blöcken von jeweils 3 Minuten Dauer werden die 4 verschiedenen Aromen sowie eine geruchsneutrale Probe anhand von Teststreifen dargeboten. Die Probanden atmen mit einer konstanten Atemfrequenz von 12-14 Atemzügen schnüffelnd durch die Nase, während Ihnen die Riechstifte im Abstand von 2 cm vor die Nase gehalten werden. Die Taktung der Atmung erfolgt über ein akustisches Signal per Kopfhörer. Jeweils nach 6-7 Atemzyklen wird die Stimulation für 30 Sekunden ausgesetzt, um den Effekt der Adaptation zu vermeiden.

Die Reihenfolge der Tage (satt vs hungrig) sowie die der Reizblöcke jeder Sitzung mit den verschiedenen Odorantien wird über die 24 Probanden balanciert randomisiert.

**Versuchsdesign und statistische Auswertung:**

Die Auswertung erfolgt über die Software SPSS. Nach Überprüfung der Normalverteilung durch den Kolmogorof-Smirnovtest werden die verschiedenen Kennwerte aus der HRV-Analyse anhand von 2 Varianzanalysen mit Messwiederholung (repeated-measures ANOVA) ausgewertet:

Eine 2x2x2-faktorielle ANCOVA testet Haupt- und Interaktionseffekte auf die Innersubjektvariablen ‚Hedonische Valenz‘ (= präferiert vs nicht-präferiert), ‚Nahrungsmittelbezug‘ (ohne vs. mit) und ‚Sättigungsstatus‘ (hungrig vs gesättigt).

Die Skalenwerte für die Vertrautheit werden als Covariate einbezogen.

Alle Haupt- und Interaktionseffekte mit einem F-Wert auf einem Wahrscheinlichkeitsniveau von  $p < 0.05$  werden durch posthoc Student t-Test für abhängige Stichproben auf signifikante Unterschiede weiter analysiert.

**11 Qualitätsprüfung**

11	Wie wurde/wird die wissenschaftliche Qualität des Forschungsvorhabens durch eine/n Dritte/n überprüft?	
	Unabhängige externe Überprüfung	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung innerhalb eines Unternehmens	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung innerhalb einer	<input type="checkbox"/>

	multizentrischen oder interdisziplinären Forschergruppe Überprüfung durch die <input type="checkbox"/> hauptverantwortliche Institution oder Gastinstitution Überprüfung innerhalb des <input type="checkbox"/> Forschungsteams Überprüfung durch eine Betreuerin <input checked="" type="checkbox"/> bzw. einen Betreuer Anderes (bitte erläutern) <input type="checkbox"/> Keine Überprüfung durch Dritte <input type="checkbox"/>
--	--

12	Wie werden die potentiell Teilnehmenden (i) ausgesucht (Einschluss- und Ausschlusskriterien), (ii) angesprochen und (iii) rekrutiert?  (i) Einschlusskriterien: Alter von 20-35 Jahren (12 Frauen, 12 Männer), nach eigenen Angaben gesund. Ausschlusskriterien sind: 1. Diabetes Mellitus 2. Allergien bei Heuschnupfen und Asthma 3. Übergewicht (BMI > 30) 4. Untergewicht (BMI < 18) 5. Migräne 6. Medikamente gegen Bluthochdruck (z.B. $\beta$ -Blocker) (ii) Persönliche Ansprache, E-Mail-Verteiler, Aushänge (iii) Terminabsprache über Email, Telefon
----	--

### 13 sensible Themen

13	Werden in den individuellen Interviews/Fragebögen oder Gruppeninterviews/ -Fragebögen Themen angesprochen, die sensibel, peinlich oder übergriffig sind? Oder können möglicherweise kriminelle oder andere Taten offenkundig werden, die entsprechende Maßnahmen erfordern (z.B. Untersuchung auf Drogenkonsum)?  <b>Nein</b>
----	--

### 14 Traumata

14	Können Traumata durch die Befragung / die Untersuchung auftreten? <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein Wenn ja, wie verfahren Sie damit? (Gibt es z.B. Nachbetreuung?)
----	--

### 15 Datenschutz

15	Dürfen die gesammelten Daten laut deutschen Datenschutzrecht genutzt werden? <b>Ja</b>
----	--

### 16 Täuschung

16	Beinhaltet die Forschung eine Täuschung bezüglich der Ziele oder
----	--

	Absichten? <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein Falls ja, werden die Teilnehmenden hierüber aufgeklärt? Wann? Wie? Von wem?
--	--

### **17 Teilnahmedauer**

17	Wie lange wird die Teilnahme für die Probanden voraussichtlich dauern?  <u>Jeweils 1 Stunde an 2 Sitzungen</u>
----	--

### **18 Teilnehmernutzen**

18	Welchen potenziellen Nutzen haben die Teilnehmenden von einer Teilnahme?  <u>Eine Aufwandentschädigung in Höhe von 15 Euro pro Sitzung.</u>
----	---

### **19 Vertraulichkeit**

19	Welche Maßnahmen werden angewendet, um die Vertraulichkeit der persönlichen Daten zu gewährleisten? Beschreiben Sie, ob eine Pseudonymisierung (Kodierliste) oder andere Form der Anonymisierung vorgenommen wird, und wenn ja, welche und in welchem Stadium.  Die Daten unterliegen der Schweigepflicht und den deutschen Datenschutzbestimmungen. Es erfolgt eine Pseudonymisierung der personenbezogenen Daten nach erfolgter Messung und vor Auswertung der Daten. Dabei wird der Name durch einen Zahlencode ersetzt. Der Kodierschlüssel ist nur Alina Muscate und ihren Betreuern Prof. Dr. Jürgen Lorenz und Prof. Dr. Andrea Bauer zugänglich. Sobald der Forschungszweck es zulässt, wird der Schlüssel gelöscht und die erhobenen Daten damit anonymisiert.  Eine Weitergabe der Daten an Dritte erfolgt nur in anonymisierter Form, die keine personenbezogene Zuordnung zulässt. Der Datenschutzpassus befindet sich im Anhang.
----	---

### **20 Zugang zu den Daten**

20	Wer wird Zugang zu den Daten haben und welche Maßnahmen werden getroffen, um die Daten vertraulich zu behandeln?  Die durch Kodierlisten pseudonymisierten Daten werden auf einem Passwort-geschützten Laptop-Pc gesichert und sind ausschließlich der Untersucherin und ihren Betreuern zugänglich.
----	--

21	In welcher Form erfolgt eine Aufklärung der Probanden über das
----	--

	<p>Forschungsvorhaben? Bitte fügen Sie hierfür Belege bei.</p> <p>Über ein Informationszettel.</p>
--	--

## 22 Einverständniserklärung

22	<p>Wird nach erfolgter Aufklärung eine schriftliche Einverständniserklärung der an der Studie Teilnehmenden eingeholt?</p> <p>Ja <input checked="" type="checkbox"/>x Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Falls ja, beschreiben Sie bitte folgende Aspekte: Wer holt die Einverständniserklärung ein? Wie wird die Aufklärung durchgeführt? Werden außer des Aufklärungs-/Informationsbogens noch andere Arten der Aufklärung (z.B. Video, interaktive Medien) genutzt? Eine Kopie des Aufklärungs-/Informationsbogens ist diesem Antrag beizufügen.</p> <p>Die Antragstellerin holt die Einverständniserklärung ein. Die Aufklärung erfolgt über ein Informationszettel. Sollte keine Einverständniserklärung der an der Studie Teilnehmenden eingeholt werden, legen Sie hierfür bitte den genauen Grund dar.</p>
----	--

## 23 Kooperationspartner

23	<p>Erfordert die Rekrutierung die Involvierung weiterer Kooperationspartner? <b>Nein</b></p>
----	--

## 24 Entscheidungszeit

24	<p>Wie viel Zeit steht den potentiell Teilnehmenden zur Verfügung, über ihre Teilnahme/Nicht-Teilnahme an der Studie zu entscheiden?</p> <p>Die Entscheidung sollte unmittelbar nach der Erläuterung der Studie und der Lektüre des Informationsblattes mit der Einverständniserklärung getroffen werden. Nach Unterschrift zur Einwilligung kann diese jederzeit ohne Angabe von Gründen zurückgenommen werden. Der Abbruch der Messung ist jederzeit möglich.</p>
----	---

## 25 Rücktrittsinformation

25	<p>Werden die Teilnehmenden darüber informiert, dass sie jederzeit (ohne Nachteile) die Teilnahme verweigern bzw. von der Studie zurücktreten können (bis zum Zeitpunkt der Anonymisierung der Daten)? <b>Ja</b></p>
----	--

## 26 Besondere Personengruppen

26	<p>Nehmen Personen aus einer der benannten Gruppen an der Studie teil? <b>Nein.</b></p> <p>Kinder oder Jugendliche unter 18 Jahren <input type="checkbox"/></p>
----	---

	Erwachsene, die bewusstlos oder schwer krank sind	<input type="checkbox"/>
	Erwachsene mit unheilbaren Erkrankungen	<input type="checkbox"/>
	Erwachsene in Notfallsituationen	<input type="checkbox"/>
	Erwachsene mit psychischen Erkrankungen	<input type="checkbox"/>
	Erwachsene mit Demenz	<input type="checkbox"/>
	Personen die in einem potentiellen Abhängigkeitsverhältnis zur Studienleitung bzw. zur/zum verantwortlichen Forschenden stehen, z.B. Menschen in betreuten Einrichtungen, Studierende etc.	<input type="checkbox"/>
	Andere (bitte spezifizieren)	<input type="checkbox"/>
	Bitte begründen Sie die Teilnahme der benannten Personengruppen.	

### 27 Erschwerte Verweigerung

27	Gibt es potentielle Gründe, die eine Verweigerung der Studienteilnahme erschweren (z.B. wenn potentiell an der Studie Teilnehmende zugleich Studierende der/des Forschenden sind)? <input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein Falls ja, erläutern Sie bitte die Gründe, die eine Verweigerung erschweren können.
----	--

### 28 Anreize

28	Werden Anreize <i>finanzieller oder anderer Art an die Probanden oder an das Departement gezahlt?</i> <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein Falls ja, spezifizieren Sie bitte die Art und Höhe der Zahlungen. 15 EUR/Messung
----	---

### 29 Setting

29	Wo findet das Forschungsprojekt statt? (Setting, Ort)  Sensoriklabor der HAW Hamburg in Bergedorf
----	---

### 30 Kostenträger

30	Wer trägt die Kosten des Forschungsprojektes?  Forschungsmittel der HAW (Prof. Lorenz)
----	--

### 31 andere Aspekte

31	Bitte legen Sie alle weiteren möglichen ethisch zu berücksichtigende Aspekte dar, von denen das Beratungsgremium Kenntnis haben sollte.
----	---

	Keine ethisch bedenklichen Aspekte
--	------------------------------------

**Anlagen**

Welche Anlagen/Dokumente sind diesem Antrag beigefügt (bitte ankreuzen)?	
Informationsmaterial / Broschüren etc. für mögliche Studienteilnehmende	<input checked="" type="checkbox"/>
Formular Einwilligungserklärung	<input checked="" type="checkbox"/>
Kopie des Studienprotokolls	<input type="checkbox"/>
Anschreiben an die Teilnehmenden	<input type="checkbox"/>
Anschreiben an die Eltern / Erziehungsberechtigten etc.	<input type="checkbox"/>
Bewilligungsschreiben des Ethikkomitees oder andere Genehmigungsschreiben	<input type="checkbox"/>
Andere relevante Dokumente (bitte benennen)	<input checked="" type="checkbox"/> Datenschutzpassus, Schweigepflicht- und Datenschutzerklärung

**Unterschriften**

Die obigen Angaben habe ich nach bestem Wissen und Gewissen korrekt angeführt. Ich habe die Informationen für die Forschenden/die Studienleitung gelesen und meine Verpflichtungen sowie die Rechte der Probanden / Studienteilnehmenden verstanden, insbesondere in Bezug auf die Einholung einer gültigen Einverständniserklärung.

Unterschrift der hauptverantwortlichen Forscherin /des hauptverantwortlichen Forschers:

*A. Muscate*  
 .....

Datum: 30.06.2016

Unterschrift der betreuenden Professorin / des betreuenden Professors an der HAW bzw. der Studienleitung (falls vorhanden):

Ich habe den Antrag geprüft und befürworte ihn in der vorliegenden Form.

*Prof. Dr. Jürg Leuz*  
 .....

Datum: 30.06.2016

## 10.2 Genehmigung der Studie



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

HAW Hamburg • CCG • Alexanderstraße 1 • D-20099 Hamburg



Frau Alina Muscate  
HAW Hamburg  
Fakultät Life Sciences  
Ulmenliet 20

21033 Hamburg

cc. Prof. Joachim Westenhöfer

3. August 2016

**Antrag auf Stellungnahme zum Projekt Einfluss von hedonischer Valenz, Vertrautheit und Nahrungsbezug von Geruchsreizen auf die Herzratenvariabilität im Elektrokardiogramm gesunder Freiwilliger.**

Sehr geehrte Frau Muscate,

Das o.g. Projekt wurde von der Ethikkommission des CCG begutachtet.

Das Vorhaben wird als „ethisch unbedenklich“ bewertet. Das Projekt kann, wie derzeit geplant, durchgeführt werden.

Wir wünschen für das geplante Projekt viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Martin Holle  
CCG-Ethikkommission

### 10.3 Fragebogen des Vortestes

#### Fragebogen Nr. \_\_\_\_\_

Bitte neutralisieren Sie zwischen den Probenkontakten durch das Riechen in Ihre Ellenbeuge.

Bitte nehmen Sie den Riechstreifen aus der Kappe und riechen Sie an der Spitze des Papierstreifens. Bitte stecken Sie den Riechstreifen danach wieder in die Kappe zurück und verschließen diese.

1.) Wie gerne mögen Sie den Geruch dieser Probe?

Gefällt mir sehr	Gefällt mir ziemlich	Gefällt mir etwas	Weder gefällt noch missfällt mir	Missfällt mir etwas	Missfällt mir ziemlich	Missfällt mir sehr

2.) Wie vertraut ist Ihnen der Geruch dieser Probe?

Ist mir sehr vertraut	Ist mir ziemlich vertraut	Ist mir etwas vertraut	Ist mir gar nicht vertraut

3.) Bitte kreuzen Sie an inwiefern die folgende Aussage für Sie zutrifft.  
„Ich assoziiere den vorgelegten Geruch mit Lebensmitteln.“

Trifft vollkommen zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft gar nicht zu

4.) Was denken Sie, um welchen Geruch handelt es sich?

\_\_\_\_\_

## 10.4 Verteilungsplan der Proben (Vortest)

Prüfer	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
1	255	718	181	434	897	360	76	539
2	718	434	255	360	181	539	897	76
3	434	360	718	539	255	76	181	897
4	897	181	76	255	539	718	360	434
5	360	539	434	76	718	897	255	181
6	76	897	539	181	360	255	434	718
7	539	76	360	897	434	181	718	255
8	181	255	897	718	76	434	539	360
9	897	76	181	434	539	718	255	360
10	76	434	897	718	181	360	539	255
11	360	255	718	539	434	181	76	897
12	718	360	434	255	76	539	897	181
13	539	181	255	897	360	76	718	434
14	434	718	76	360	897	255	181	539
15	181	897	539	76	255	434	360	718
16	255	539	360	181	718	897	434	76
17	434	718	76	181	897	255	360	539
18	76	434	897	718	360	181	539	255
19	718	181	434	255	76	539	897	360
20	255	539	181	360	718	897	434	76
21	897	76	360	434	539	718	255	181
22	181	255	718	539	434	360	76	897
23	360	897	539	76	255	434	181	718
24	539	360	255	897	181	76	718	434
25	76	539	181	360	718	897	434	255
26	897	255	360	434	539	718	76	181
27	434	718	255	181	897	76	360	539
28	539	360	76	897	181	255	718	434
29	255	434	897	718	360	181	539	76
30	181	76	718	539	434	360	255	897
31	718	181	434	76	255	539	897	360
32	360	897	539	255	76	434	181	718
33	255	897	539	76	360	434	181	718
34	434	718	76	181	897	360	255	539
35	181	360	718	539	434	255	76	897
36	897	76	255	434	539	718	360	181
37	539	255	360	897	181	76	718	434
38	718	181	434	360	76	539	897	255
39	76	434	897	718	255	181	539	360
40	360	539	181	255	718	897	434	76

41	181	539	76	434	897	360	255	718
42	539	434	181	360	76	718	897	255
43	360	718	434	255	539	897	181	76
44	255	897	718	76	360	181	434	539
45	76	181	897	539	255	434	718	360
46	718	255	360	897	434	76	539	181
47	897	76	255	181	718	539	360	434
48	434	360	539	718	181	255	76	897
49	718	360	434	181	897	255	76	539
50	539	76	255	897	181	434	360	718
51	434	718	897	360	76	181	539	255
52	255	539	181	76	360	897	718	434
53	360	181	718	255	434	539	897	76
54	897	434	76	718	539	360	255	181
55	181	255	360	539	718	76	434	897
56	76	897	539	434	255	718	181	360
57	897	434	360	718	76	539	181	255
58	434	718	897	539	360	255	76	181
59	718	539	434	255	897	181	360	76
60	539	255	718	181	434	76	897	360
61	255	181	539	76	718	360	434	897
62	76	360	181	897	255	434	539	718
63	360	897	76	434	181	718	255	539
64	181	76	255	360	539	897	718	434
65	539	360	76	181	718	255	434	897
66	255	897	181	434	360	718	539	76

## 10.5 Informations-und Aufklärungsbogen



Aufklärungsbogen

HAW-Projektleitung:

Prof. Dr. med. Jürgen Lorenz  
Tel.: +49 40 428756261  
Email: [juergen.lorenz@haw-hamburg.de](mailto:juergen.lorenz@haw-hamburg.de)  
Raum: N 5.10

Prof. Dr. Andrea Bauer  
Tel. : +49 40 428756251  
Email : [andrea.bauer@haw-hamburg.de](mailto:andrea.bauer@haw-hamburg.de)  
Raum : 0.82

Studienort und Studienleitung:

Alina Muscate  
Tel.: +49 151 70093172  
Email: [alina.muscate@haw-hamburg.de](mailto:alina.muscate@haw-hamburg.de)  
HAW Hamburg  
Ulmenliet 20  
21033 Hamburg

### Information und Aufklärung

**Einfluss von emotionalen Bewertungen, Hungergefühl, Vertrautheit, und Nahrungsbezug von Geruchsreizen auf die Herzratenvariabilität im Elektrokardiogramm gesunder Freiwilliger.**

Die Hochschule für Angewandte Wissenschaften (Prof. Dr. Jürgen Lorenz, Prof. Dr. Andrea Bauer) möchte Sie bitten, an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. Wir wollen den Einfluss von emotionalen Bewertungen und Hungergefühl bei der Wahrnehmung von Odorantienn auf die Herzschlagfolge untersuchen. Dabei interessiert uns ferner, welche Rolle es spielt, wenn die Odorantien vertraut sind und wenn sie einen Bezug zu Nahrungsmitteln aufweisen.

## **Wissenschaftlicher Hintergrund und Ziel dieser Studie**

Geruchswahrnehmungen bestimmen ganz wesentlich emotionale Prozesse, die sich auf die individuellen Lebensmittelpräferenzen und das Essverhalten auswirken. Emotionale Prozesse wiederum sind eng an die Reaktionen des autonomen Nervensystems gekoppelt, bei dem zwei Gegenspieler, der Sympathikus und der Parasympathikus von Bedeutung sind. Der Sympathikus beschleunigt, der Parasympathikus verlangsamt den Herzschlag. In den letzten Jahren konnten Methoden entwickelt werden, aus der Unregelmäßigkeit der Herzschlagfolge das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus quantitativ zu erfassen. Man nennt die Methode Herzratenvariabilitätsanalyse (HRV), deren Kennwerte sehr einfach aus dem Signal der Herzstromkurve (Elektrokardiogramm, EKG) bestimmt werden können.

In der Studie sollen vier verschiedene Geruchsreize in ihrer Wirkung auf die HRV im EKG verglichen werden. In zwei Testsitzungen an verschiedenen Tagen untersuchen wir Sie jeweils im hungrigen und im gesättigten Zustand. Eine Messung dauert etwa 1 Stunde. Wir erhoffen uns aus dieser Studie Erkenntnisse darüber, inwieweit die HRV-Messmethode geeignet ist, um künftig mögliche abnorme autonome Reaktionen bei der Verarbeitung von Geruchsreizen bei Patienten mit Essstörungen zu erfassen.

## **Wie läuft die Untersuchung ab?**

Zusammen mit diesem Aufklärungsschreiben wird Ihnen ein Fragebogen ausgehändigt zur Aufnahme personenbezogener Daten. Anschließend wird ein Geruchstest durchgeführt, der dazu dient, bei Ihnen ein normales Riechvermögen zu überprüfen. Sie riechen nacheinander an 12 verschiedenen Riechstiften, deren Odorantien Sie zuordnen sollen. Dafür erhalten Sie jeweils 4 Antwortmöglichkeiten auf einer Karte präsentiert und entscheiden, welchen Geruch Sie wahrgenommen haben. Nachdem Ihr normales Riechvermögen durch diesen Test bestätigt wurde, erhalten Sie eine Reihe verschiedener Aromen zur Auswahl, bei denen wir anhand von Ratingskalen feststellen, welche Aromen wir in der nachfolgenden Messung verwenden werden. Dazu fragen wir nach Ihren persönlichen Präferenzen, ob Sie den Geruch mit einem Nahrungsmittel assoziieren und ob er Ihnen vertraut ist.

Nachfolgend werden Ihnen die EKG-Elektroden und der Atemgurt angelegt. Sie erhalten eine Einweisung in die Technik, wie Sie durch rhythmisches, schnüffelndes

Einatmen und Ausatmen optimal die Odorantien erfassen können. In Blöcken von jeweils 3 Minuten Dauer, in denen wir Ihr EKG und Ihre Atembewegungen messen, werden die 4 ausgesuchten Aromen über Riechstreifen dargeboten. Um den Einfluss der Gewöhnung an die Odorantien zu minimieren, wird die Stimulation mit den Aromen jeweils nach 30 Sekunden für 30 Sekunden durch das Riechen einer geruchsneutralen Probe unterbrochen.

Alle hier verwendeten Geruchsreize sowie die EKG und Atemgutmessung sind für die Anwendung an Menschen zugelassen. Von diesen Versuchen gehen nach bestem Wissen und Gewissen keinerlei Risiken für Sie aus.

Ihre Daten werden in Papierform und auf Datenträgern an der HAW Hamburg aufgezeichnet und pseudonymisiert<sup>1</sup> (verschlüsselt). Bei der Pseudonymisierung (Verschlüsselung) werden der Name und andere Identifikationsmerkmale (z.B. Teile des Geburtsdatums) durch z.B. eine mehrstellige Buchstaben- oder Zahlenkombination, auch Code genannt, ersetzt, um die Identifizierung des Studienteilnehmers auszuschließen oder wesentlich zu erschweren.

Zugang zu dem „Schlüssel“, der eine persönliche Zuordnung der Daten des Studienteilnehmers ermöglicht, haben neben Alina Muscate nur noch ihre Betreuer Dr. Jürgen Lorenz und Dr. Andrea Bauer. Die Auswertung und Nutzung der Daten durch die Studienleiterin und die Betreuer erfolgt in pseudonymisierter Form. Die Daten werden ausschließlich für die Zwecke dieser Studie verwendet.

Für die Teilnahme erhalten Sie pro Sitzung eine Aufwandsentschädigung von 15 EUR. Sie haben zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, die Messungen abzubrechen, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen. Die Teilnahme an der Studie ist absolut freiwillig.

## 10.5 Einverständnis- und Datenschutzerklärung



### **Kontakt:**

#### HAW-Projektleitung:

Prof. Dr. med. Jürgen Lorenz  
Tel.: +49 40428756261  
Email: [juergen.lorenz@haw-hamburg.de](mailto:juergen.lorenz@haw-hamburg.de)  
Raum: N 5.10

Prof. Dr. Andrea Bauer  
Tel. : +49 40428 756251  
Email : [andrea.bauer@haw-hamburg.de](mailto:andrea.bauer@haw-hamburg.de)  
Raum : 0.82

#### Studienleitung:

Alina Muscate  
Tel.: +49 15170093172  
Email: [alina.muscate@haw-hamburg.de](mailto:alina.muscate@haw-hamburg.de)

### **Einverständniserklärung zur Studie**

#### **Einfluss von Präferenz, Vertrautheit, Sättigung und Nahrungsbezug von Geruchsreizen auf die Herzratenvariabilität im Elektrokardiogramm gesunder Freiwilliger.**

Studienteilnehmer (Name, Vorname) .....

Geburtsdatum .....

Datum der Aufklärung .....

Hiermit bestätige ich, dass ich schriftlich über die oben genannte Studie aufgeklärt und informiert worden bin. Auch die Ziele und die Risiken dieser Studie wurden mir mitgeteilt und ich bin mit der Durchführung dieser Studie einverstanden. Ich hatte die Möglichkeit Fragen zu stellen, die mir vollständig und verständlich beantwortet wurden.

Ich wurde darüber aufgeklärt, dass die Teilnahme an dieser Studie freiwillig ist und dass ich meine Einwilligung jederzeit und ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zurückziehen kann.

Hamburg, den	.....
Versuchsteilnehmer	..... (Unterschrift des Studienteilnehmers)
Aufklärende Person	..... (Unterschrift der aufklärenden Person)

Projektleitung (HAW) .....



**Department Ökotrophologie  
Projekt „EKG-Messung bei Geruchinhalation“**

**Erklärung zur Schweigepflicht und zum Datenschutz**

Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich über alle Daten und Informationen, die mir im Rahmen meiner Mitarbeit beim Projekt „EKG-Messung bei Geruchinhalation“ über einzelne Studienteilnehmer bzw. deren Familie und Lebenssituation zugänglich werden, zur Verschwiegenheit verpflichtet bin. Diese Daten und Informationen dürfen nur direkten Projekt-Mitarbeitern der HAW zugänglich gemacht werden. Insbesondere unterliegen alle personenbezogenen Daten dem Datenschutz und dürfen nicht an dritte Personen oder Institutionen weitergegeben werden[, auch nicht an die beteiligten Schulen oder Lehrkräfte]. Ich darf auch keine eigenen Aufzeichnungen personenbezogener Daten über die Dauer meiner Projektmitarbeit hinaus aufbewahren. Sofern ich während meiner Projektmitarbeit vorübergehend personenbezogene Daten verarbeite und/oder aufbewahre, verpflichte ich mich, Missbrauch oder die unbefugte Weitergabe dieser Daten zu verhindern.

Name:

Hamburg, den  
Unterschrift:

## 10. Erhebungsblatt für persönliche Daten der Studienteilnehmer



### Persönliche Daten

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Telefon/mobil: \_\_\_\_\_

Email-Adresse: \_\_\_\_\_

Geschlecht:  männlich

weiblich

Alter: \_\_\_\_\_

Gewicht: \_\_\_\_\_

Größe: \_\_\_\_\_

#### 1. Bestehen folgende Erkrankungen:

	nein	ja
Migräne		
Chronischen Schmerzen		
Allergien in Kombination mit Asthma oder Heuschnupfen		
Diabetes Mellitus		

#### 2. Besteht eine Schwangerschaft?

- Ja  
 Nein

#### 3. Nehmen Sie dauerhaft Medikamente ein?

- Ja und zwar \_\_\_\_\_  
 Nein

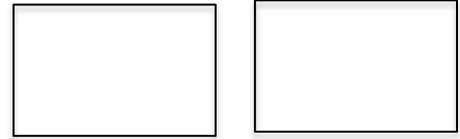
#### 4. Nehmen Sie Medikamente gegen Bluthochdruck?

- Ja und zwar \_\_\_\_\_  
 Nein

Bitte geben Sie Ihre Bankverbindung zur Überweisung der Aufwandsentschädigung an:

IBAN : \_\_\_\_\_

## 10.7 Verwendete subjektive Ratingskalen



Wie hungrig bzw. satt fühlen Sie sich?  
(Machen Sie eine Markierung auf der Linie unten)

Sehr satt \_\_\_\_\_ Sehr hungrig

1.1 Wie stark empfinden Sie den Geruch?  
(Machen Sie eine Markierung auf der Linie unten)

Gar nicht intensiv \_\_\_\_\_ Sehr intensiv

2.1 Wie bewerten Sie den Geruch?  
(Machen Sie eine Markierung auf der Linie unten)

sehr angenehm \_\_\_\_\_ sehr unangenehm

### 3.1 Wie vertraut ist Ihnen der Geruch?

(Machen Sie eine Markierung auf der Linie unten)

gar  
nicht  
vertraut



Sehr  
vertraut

1.2 Bitte kreuzen Sie an inwiefern die folgende Aussage für Sie zutrifft.  
„Ich assoziiere den vorgelegten Geruch mit Lebensmitteln.“

Trifft voll zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft gar nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.2 Bitte kreuzen Sie an inwiefern die folgende Aussage für Sie zutrifft.  
„Der Geruch ist appetitanregend.“

Trifft voll zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft gar nicht zu
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.2 Wie gerne mögen Sie die Probe?

Gefällt mir sehr	Gefällt mir ziemlich	Gefällt mir etwas	Weder gefällt noch missfällt mir	Missfällt mir etwas	Missfällt mir ziemlich	Missfällt mir sehr
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2 Was denken Sie, um welchen Geruch handelt es sich? Sonstige Assoziationen?

\_\_\_\_\_

## 10.8 Verteilungsplan der Proben (Studie)

Teilnehmer	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
101	2	3	1	4
102	3	4	2	1
103	1	2	4	3
104	3	1	4	2
105	4	2	3	1
106	2	1	3	4
107	2	4	1	3
108	1	3	2	4
109	3	2	4	1
110	4	3	1	2
111	1	4	3	2
112	1	3	2	4
113	3	2	1	4
114	2	1	4	3
115	4	2	3	1
116	4	1	2	3
117	2	3	4	1
118	2	4	1	3
119	3	1	4	2
120	1	2	3	4
121	1	2	3	4
122	4	2	1	3
123	3	4	1	2
124	3	1	2	4