

Bachelorthesis

Vor- und Zuname:
Nina Pfeiffer

geb. am:



in:



Matr.-Nr.:



Titel:

**Einfluss bariatrischer Operationen
auf kardio-vagale Reaktivität und Riechvermögen**

Abgabedatum:

31.08.2020

Betreuender Professor: Herr Prof. Dr. Jürgen Lorenz

Zweiter Prüfer: Herr Prof. Dr. Joachim Westenhöfer

Fakultät Life Sciences
Department Ökotrophologie

Studiengang:

Ökotrophologie

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Jürgen Lorenz bedanken, der mir dieses Projekt ermöglicht hat und mich bei der Erstellung meiner Bachelorarbeit jederzeit durch wertvolle Anregungen und konstruktive Kritik unterstützt hat. Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. Joachim Westenhöfer für die Zweitbetreuung meiner Bachelorarbeit und für hilfreiche Hinweise bzgl. der Konzipierung der Fragebögen. Ich möchte mich zudem bei der Ethikkommission der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg für die Genehmigung dieser Studie bedanken.

Mein besonderer Dank gilt ebenso Herrn Prof. Dr. Dr. Thomas Carus und dem Asklepios Westklinikum Hamburg Rissen für die Vergabe einer Praktikumsstelle. Die Durchführung dieser Studie wäre ohne ihre Kooperation und das mir entgegengebrachte Vertrauen nicht möglich gewesen. Insbesondere möchte ich mich außerdem bei den Ökotrophologinnen, Frau Sandra Loddó und Frau Gorjana Smoljanovic sowie den Chirurgen des Adipositaszentrums, Frau Monika Lotze-Rupp und Herrn Dr. Peter Pick, für die angenehme Zusammenarbeit bedanken. Durch ihre stetige Unterstützung, Motivation und Menschlichkeit haben sie meine Zeit im Adipositaszentrum stark bereichert.

Ebenso danke ich allen Teilnehmern und Teilnehmerinnen meiner Studie, ohne deren Mitarbeit, Geduld und Vertrauen die Datenerhebung nicht möglich gewesen wäre.

Nicht zuletzt gilt mein größter Dank meinen Eltern, die mir meinen bisherigen Lebensweg ermöglicht haben und stets eine große moralische Stütze und Vorbild gewesen sind.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	2
Abkürzungsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	8
Gender-Hinweis	9
1 Einleitung	10
2 Literaturrecherche	12
2.1 <i>Strategie</i>	12
2.2 <i>Ein- und Ausschlusskriterien</i>	12
2.3 <i>Auswahl und Datenextraktion</i>	13
3 Grundlagen	14
3.1 <i>Adipositas</i>	14
3.1.1 <i>Definition</i>	14
3.1.2 <i>Epidemiologie</i>	15
3.1.3 <i>Konventionelle Therapien</i>	16
3.2 <i>Bariatrische Operation</i>	17
3.2.1 <i>Verfahrensarten</i>	18
3.2.1.1 <i>Sleeve-Gastrektomie</i>	18
3.2.1.2 <i>Roux-en-Y-Magenbypass</i>	19
3.2.2 <i>Vorbereitung</i>	20
3.2.3 <i>Nachsorge</i>	21
3.3 <i>Herzratenvariabilität</i>	22
3.3.1 <i>Aufbau und Funktion des Herzens</i>	22
3.3.2 <i>Das Autonome Nervensystem</i>	23
3.3.2.1 <i>Regulation der Nahrungsaufnahme</i>	24
3.3.2.2 <i>Regulation der Herzrätigkeit</i>	26
3.3.3 <i>Das Elektrokardiogramm</i>	26
3.3.4 <i>Ableitung der Herzratenvariabilität</i>	28
3.3.5 <i>Analysemethoden</i>	29
3.3.5.1 <i>Zeitbereich</i>	31
3.3.5.2 <i>Frequenzbereich</i>	31
3.3.5.3 <i>Nonlineare Methode</i>	31
3.3.5.4 <i>Zeitvariable Methode</i>	31
3.4 <i>Olfaktorik</i>	32
3.4.1 <i>Das olfaktorische System</i>	32
3.4.2 <i>Verbindung zum Vegetativum</i>	34
3.4.3 <i>Die olfaktorische Dysfunktion</i>	35

4	Studie	39
4.1	<i>Probanden</i>	39
4.1.1	Ausschlusskriterien	40
4.1.2	Begleiterkrankungen und Lebensweise	40
4.1.3	Geschmackspräferenzen	41
4.1.4	Drop-Out-Rate	41
4.2	<i>Versuchsaufbau</i>	41
4.3	<i>Durchführung</i>	42
4.4	<i>Datenaufbereitung und -auswertung</i>	44
4.4.1	Physiologische Parameter	44
4.4.2	Psychologische Parameter	45
5	Ergebnisse	46
5.1	<i>Veränderung des Körpergewichts</i>	46
5.2	<i>Veränderung der Olfaktorik</i>	47
5.3	<i>Veränderung der HRV-Parameter</i>	49
5.3.1	PNS-Parameter	51
5.3.2	SNS-Parameter	53
5.3.3	Weitere Kennwerte	57
5.4	<i>Wahrgenommene Veränderungen aus Sicht der Probanden</i>	58
5.4.1	Quantitative Anteile der Fragebögen	58
5.4.2	Qualitative Anteile der Fragebögen	58
5.5	<i>Exemplarische Verlaufspräsentation eines Probanden</i>	59
6	Diskussion	61
6.1	<i>Veränderung des Körpergewichts</i>	61
6.2	<i>Veränderung des Riechvermögens und daraus resultierende Implikationen für die langfristige Gewichtsreduktion</i>	62
6.3	<i>Veränderung der kardio-vagalen Reaktivität</i>	64
6.4	<i>Zusammenhang zwischen der Resensibilisierung des Riechvermögens und der Zunahme der kardio-vagalen Reaktivität</i>	66
6.5	<i>Bewertung des veränderten körperlichen Empfindens und der hedonischen Wahrnehmung der Probanden</i>	67
7	Fazit	70
	Zusammenfassung	71
	Abstract	72
	Literaturverzeichnis	73
	Eidesstattliche Erklärung	80
	Anhang	81

Abkürzungsverzeichnis

ANS	Autonomes Nervensystem
BMI	Body Mass Index
BO	Bariatrische Operation
BPD-DS	Biliopankreatische Diversion mit duodenalem Switch
DNS	Darmnervensystem
HRV	Herzratenvariabilität
KG	Körpergewicht
NV	Normalverteilung
RSA	Respiratorische Sinusarrhythmie
RYGB	Roux-en-Y Gastric Bypass/Magenbypass
T2DM	Typ-2-Diabetes mellitus
V1	Versuchstag 1
V2	Versuchstag 2
WHO	World Health Organization

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Vorgehen bei der Literaturrecherche	13
Abb. 2: Therapiemöglichkeiten bei Adipositas.....	16
Abb. 3: Sleeve-Gastrektomie.....	19
Abb. 4: Roux-en-Y-Magenbypass	20
Abb. 5: Aufbau des peripheren vegetativen Nervensystems.....	24
Abb. 6: Konzept der homöostatischen Lang- und Kurzzeitregulation von Energiereserven und Nahrungsaufnahme und ihre Kontrolle durch zerebrale Systeme	25
Abb. 7: Deutung der De- und Repolarisation des Herzens anhand des EKGs	27
Abb. 8: EKG-Unterschiede von RR-Intervallen	28
Abb. 9: Schematische Darstellung des olfaktorischen Systems.....	32
Abb. 10: Sensorische Veränderungen infolge einer bariatrischen Operation.....	37
Abb. 11: Schematischer Versuchsaufbau	42
Abb. 12: Zeitlicher Ablauf der Probengabe.....	43
Abb. 13: Zusammensetzung der stim-Perioden	45
Abb. 14: Einteilung der Probanden in BMI-Kategorien an beiden Versuchstagen	46
Abb. 15: Durchschnittliches Körpergewicht der Probanden im Vorher/Nachher- Vergleich	47
Abb. 16: Riechstifterkennung prä- und postoperativ	48
Abb. 17: Durchschnittliche Ergebnisse der Riechtests an beiden Versuchstagen	48
Abb. 18: HRV-Parameter im Vorher/Nachher-Vergleich	50
Abb. 19: Mean RR im Vorher-/Nachher-Vergleich	51
Abb. 20: RMSSD im Vorher/Nachher-Vergleich.....	52
Abb. 21: Mean HR im Vorher/Nachher-Vergleich.....	54
Abb. 22: Stress Index im Vorher/Nachher-Vergleich	55
Abb. 23: SNS Index im Vorher/Nachher-Vergleich.....	56
Abb. 24: logLF/HF-Ratio Power im Vorher/Nachher-Vergleich	57
Abb. 25: RR-Intervall-Tachogramm und zeitvariable Analyse des Probanden Olf- 019-006.....	60
Abb. 26: Prevalence of obesity among adults in selected countries as of 2018, or latest year available,by gender	82
Abb. 27: Anteile an der deutschen Erwachsenenbevölkerung nach Körpermaßen (BMI)* und Altersgruppen im Jahr 2017	83

Abb. 28: Beispiele eines FFT- und eines AR-Spektrums	83
Abb. 29: Beispiel eines Poincaré Plots	84
Abb. 30: Beispiel einer zeitvariablen HRV-Analyse	84
Abb. 31: Fragebogen - Qualifikation (beide Geschlechter)	88
Abb. 32: Fragebogen - Versuchstag 1 (Frauen).....	88
Abb. 33: Fragebogen - Versuchstag 1 (Männer)	89
Abb. 34: Fragebogen - Versuchstag 2 (Frauen).....	90
Abb. 35: Fragebogen - Versuchstag 2 (Männer)	91
Abb. 36: Identifikationstest – Normwerte	91
Abb. 37: Duftauswahlmöglichkeiten	93
Abb. 38: Zeitvariables Spektrum über den Verlauf der gesamten Messdauer	95
Abb. 39: RR-Intervall-Tachogramme über den Verlauf der gesamten Messdauer	97
Abb. 40: Herzratenschwankungen über den Verlauf der gesamten Messdauer	98
Abb. 41: Ethikantrag	115
Abb. 42: Positives Votum der Ethikkommission	116

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: BMI-Klassifizierungen.....	14
Tab. 2: Empfehlungen zu Nahrungsergänzungsmitteln nach SG oder RYGB	21
Tab. 3: Parameter der HRV-Analyse	30
Tab. 4: HRV-Parameter des Probanden Olf-019-006	59
Tab. 5: Schlagworte zur Identifizierung relevanter Literatur	81
Tab. 6: Probandenliste inkl. Status.....	85
Tab. 7: Eingenommene Medikamente der Teilnehmer dieser Studie	86
Tab. 8: Gerüche des Identifikationstests Plus 16, lila.....	92
Tab. 9: Anpassung der Kubios-Preferences.....	94

Gender-Hinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Bachelorarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsneutral verstanden werden soll.

1 Einleitung

Adipositas (Fettleibigkeit) ist ein von der World Health Organization (WHO) als chronische Erkrankung eingestufteter Zustand, der auf einer übermäßigen Ansammlung an Körperfett beruht und dessen Prävalenz im Jahre 2016 international bei ca. 13% lag (WHO, 2020a). Die Erkrankung kann eine komplexe Pathogenese mit schweren Folgen für die Gesundheit aufweisen, da im Verlauf eine Vielzahl an Komorbiditäten auftreten können (Klein et al., 2016, S. 1). Adipositas verringert u. a. die Lebenserwartung, geht mit sozialer Stigmatisierung einher und wird zunehmend zu einer Belastung für die Gesundheitssysteme (Müller et al., 2009, S. 88).

Eine häufige Begleiterscheinung der Adipositas ist ein erhöhtes kardiales Ereignisrisiko (Klein et al., 2016, S. 2). Als prädikativer Marker dieser Gefährdung kann die Herzratenvariabilität (HRV) herangezogen werden (Adam et al., 2017, S. 344). Eine hohe Irregularität des Herzrhythmus spricht für eine gesunde autonome Steuerung des Herzens (Shaffer et al., 2014, S. 5). Sie kann jedoch bereits ab einem BMI $> 25 \text{ kg/m}^2$ verringert sein (Adam et al., 2017, S. 344). Die HRV kennzeichnet die physiologische Unregelmäßigkeit des Herzschlags, die durch das Zusammenspiel des Parasympathikus und des Sympathikus zustande kommt. Daher wird die HRV zunehmend als Biomarker des autonomen Nervensystems (ANS) genutzt (Ernst, 2017, S. 6).

Das ANS steuert die unwillkürliche Aktivität der Organe, wie z. B. Magen, Darm oder Speicheldrüsen. Es kann durch äußere Einflüsse modelliert werden und bereits in der kephalen Phase auf hedonische Reize reagieren. Bspw. kann die Einwirkung von Essensdüften viszerale Efferenzen des Nervus vagus anregen. Auf diese Weise ist das ANS eng mit der olfaktorischen Wahrnehmung verknüpft. Der Verlust kephaler Steuerung könnte somit eine Minderung vagaler Reaktivität hervorrufen, die sich wiederum auf das Maß der HRV niederschlägt. Eine experimentelle Studie aus dem Jahr 2017 konnte zeigen, dass der Nahrungsbezug und die affektive Valenz olfaktorischer Reize in ihrer Wirkung auf die HRV mit dem Sättigungsgrad und Body Mass Index (BMI) der Versuchsteilnehmer interagierten (Muscate, 2017, S. 55). Diese Befunde stehen im Einklang mit der Beobachtung, dass bei vielen Adipositaspatienten eine Dysfunktion der Olfaktorik vorliegt (Patel, DelClaudio & Wise, 2015, S. 3). Dies kann sich auf das Essverhalten und die Sättigungswirkung von Mahlzeiten auswirken. Die Hyposensitivität gegenüber olfaktorischen Reizen könnte so die Disinhibition des Essverhaltens begünstigen und zur Erhöhung des BMI beitragen (Kindleysides et al., 2017, S.16). Es existieren also Zusammenhänge zwischen Körpergewicht, gesteigerter Nahrungsaufnahme, Olfaktorik und HRV.

Zur Behandlung der Adipositas existiert eine Vielzahl therapeutischer Verfahren zu denen, meist als letzte Option, die bariatrische Operation (BO) zählt (Klein et al., 2016, S. 6). Durch den starken Gewichtsverlust infolge der BO kann sich eine Erhöhung und somit Normalisierung der HRV einstellen (Nault et al., 2007, S. 1428). Durch einen Review konnte außerdem ermittelt werden, dass die BO eine eindeutige Rolle in der Alteration der Olfaktorik und hedonischer Präferenzen spielt (Ahmed et al., 2018, S. 3327f.). Die aus der BO resultierende Gewichtsreduktion könnte somit den Verlust des Riechvermögens und der HRV reversieren. Zudem könnten beide Faktoren als Bioindikatoren der verbesserten kardialen Gesundheitsprognose herangezogen werden und die Gewichtsstabilisierung durch die Minderung der olfaktorischen Dysfunktion infolge einer BO nachhaltig gefördert werden.

Daraus wurden folgende Forschungshypothesen abgeleitet:

- 1) Das Riechvermögen nimmt infolge einer BO zu.
- 2) Die kardio-vagale Reaktivität nimmt infolge einer BO zu.
- 3) Es besteht ein Zusammenhang zwischen der Resensibilisierung des Riechvermögens und der Zunahme der kardio-vagalen Reaktivität.

Auf dieser Basis wurde eine klinische Studie mit bariatrischen Patienten des Adipositaszentrums im Asklepios Westklinikum Hamburg durchgeführt. Nach positiver Begutachtung des Studienprotokolls durch die Ethikkommission der HAW erfolgte die Aufklärung und Einwilligung der Patienten im Zuge der Vorgespräche. Einwilligende Patienten wurden zur Basisdatenerhebung am selben Tag sowie am Tag der Nachsorge drei Monate nach der BO untersucht. In beiden Sitzungen wurde das Riechvermögen mithilfe von 16 Riechstiften (*Sniffin´ Sticks*) getestet. Zudem wurde ein 1-Kanal-Elektrokardiogramm (EKG) in sitzender Position unter Ruhebedingung sowie während der Darbietung von vier der 16 Riechstifte abgeleitet. Ein Fragebogen mit quantitativen und qualitativen Fragen an beiden Versuchstagen diente zur Erfassung des subjektiven Empfindens der Probanden.

Die Arbeit ist folgendermaßen aufgebaut: zunächst wird die Vorgehensweise zur Literaturrecherche vorgestellt, deren Ergebnisse für den nachfolgenden Überblick über die Grundlagen der relevanten Themengebiete Adipositas, Bariatrische Operation, Herzratenvariabilität und Riechsystem herangezogen wurden. Anschließend werden die Methoden der Studie im Asklepios Westklinikum Hamburg beschrieben und die Ergebnisse der Messdaten präsentiert. Die Arbeit endet mit einer Diskussion und einem abschließenden Fazit.

2 Literaturrecherche

2.1 Strategie

Um relevante Literatur zu identifizieren, wurde eine systematische Recherche nach Artikeln durchgeführt, die zwischen dem 01. Januar 2015 und dem 24. Juni 2020 in der medizinischen Datenbank *Pubmed*, im HAW-Katalog der Hochschule für Angewandte Wissenschaften und dem Journal *Chemical Senses* veröffentlicht wurden (Abb.1). Durch Sichtung der Quellen der identifizierten Literatur konnten zusätzliche Artikel mit relevanten Informationen über *Pubmed* und *Google Scholar* gesammelt werden. Die verwendeten Suchbegriffe sind dem Anhang zu entnehmen (Tab. 5). Weitere Informationen wurden direkt von den Seiten der *Deutschen Gesellschaft für Ernährung* (DGE), der *World Health Organization* (WHO), der *Deutschen Adipositas-Gesellschaft e. V.* (DAG), der *Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin e. V.* (DGEM), der *American Society for Metabolic and Bariatric Surgery* (ASMBS) sowie der *Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie e. V.* (DGAV) bezogen.

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Bei der Recherche in *Pubmed* wurden Einträge berücksichtigt, die folgenden Kriterien entsprachen: a) *Free full text*, b) *Books and Documents*, *Clinical Trial*, *Journal Article*, *Meta Analysis*, *Randomized Control Trial*, *Review* oder *Systematic Review*, c) der Eintrag wurde nicht vor dem Jahre 2015 veröffentlicht, d) das Forschungsergebnis wurde in *Deutsch* oder *Englisch* verfasst und e) der Eintrag behandelt eine *Altersgruppe von 19-64 Jahren*. Auf der Seite des HAW-Katalogs wurden alle gesuchten Schlüsselwörter unter der Option „Advanced Search“ miteinander verknüpft. Auf dieser Webseite wurden ebenfalls lediglich elektronische Ressourcen der Jahre 2015 bis 2020 in deutscher und englischer Sprache berücksichtigt. Die Suche im Journal *Chemical Senses* umfasste denselben Zeitrahmen und war auf *Research* und *Review Artikel* sowie Einträge mit *freiem Zugang* begrenzt.

2.3 Auswahl und Datenextraktion

Die initiale Suche in *Pubmed* lieferte 736 Ergebnisse. Durch Lesen der Abstracts und Titel konnte bereits der Großteil dieser Einträge eliminiert werden, sodass nach Hinzufügen von *Google-Scholar*- und Quer-Recherche-Quellen eine Vorauswahl von 186 Artikeln verblieb. Von den 454 anfänglich identifizierten Quellen des HAW-Katalogs gingen 13 Artikel in die Vorauswahl ein. Die Suche in *Chemical Senses* lieferte 6 vorläufig passende Artikel. Die in Frage kommenden 205 Quellen wurden im Anschluss und im Verlauf der Ausarbeitung dieser Arbeit erneut auf Relevanz geprüft, sodass $n = 62$ Quellen in die Ausarbeitung einbezogen wurden.

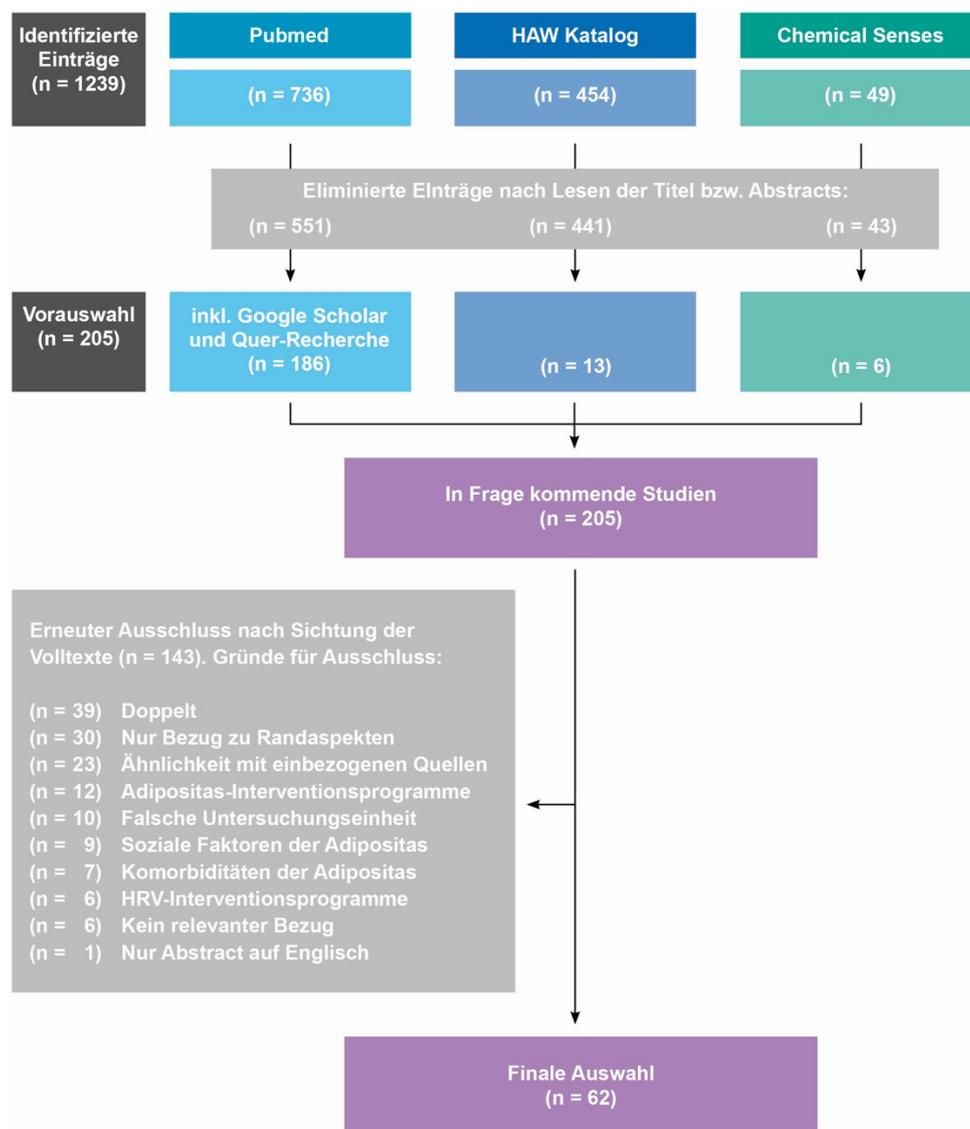


Abb. 1: Vorgehen bei der Literaturrecherche (eigene Darstellung)

3 Grundlagen

3.1 Adipositas

Im folgenden Kapitel wird zunächst dargelegt, auf welche Art Adipositas definiert und kategorisiert werden kann. Im Anschluss wird ein Überblick über die Epidemiologie und gängige therapeutische Verfahren gegeben.

3.1.1 Definition

Die WHO definiert Adipositas als eine abnormale oder exzessive Ansammlung von Fett, welche ein Gesundheitsrisiko darstellt. Zur Messung wird der Body Mass Index (BMI) herangezogen. Dieser Index beschreibt das KG einer Person im Verhältnis zur Körpergröße:

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht in kg}}{(\text{Körpergröße in m})^2}$$

Für Erwachsene (>20 Jahre) ergeben sich auf dieser Berechnungsgrundlage folgende Kategorien (WHO, 2020b) (Tab.1):

Tab. 1: BMI-Klassifizierungen (WHO 2020b)

BMI in kg/m ²	Kategorie
< 18,5	Untergewicht
18,5 – 24,9	Normalgewicht
25,0 – 29,9	Übergewicht
30,0 – 34,9	Adipositas Grad I
35,0 – 39,9	Adipositas Grad II
≥ 40	Adipositas Grad III

3.1.2 Epidemiologie

Adipositas ist ein global verbreitetes Phänomen, an dem ca. 13% der Weltbevölkerung (11% Männer, 15% Frauen) leiden (WHO, 2020a). In Deutschland weisen 14,6% der Frauen und 18,2% der Männer einen BMI ≥ 30 kg/m² auf (Abb. 26). Der Anteil an Personen mit erhöhtem BMI wächst dabei bis zum 70. Lebensjahr kontinuierlich an (Abb. 27). Diese Zahlen steigen seit mehreren Jahrzehnten stetig und der Großteil bereits adipöser Personen verringert sein KG nicht (Haftenberger et al., 2016, S. 304).

Die Entwicklung von Adipositas wird zum einen durch genetische Faktoren und Stoffwechselstörungen begünstigt. Dies kann auf die Wirkung bestimmter Hormone (z. B. Leptin) zurückgeführt werden (Klein et al., 2016, S. 17). Zum anderen können ein niedriger sozioökonomischen Status (Narcisco et al., 2019, S. 10), Stress, Schlafmangel (Klein, 2016, S. 1), eine erhöhte Nahrungszufuhr – insb. die Zufuhr hochkalorischer Lebensmittel – und Bewegungsmangel als Triebfedern für die Gewichtszunahme fungieren (WHO, 2020a). Die Folge sind zahlreiche nicht-übertragbare Erkrankungen wie z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE), Diabetes mellitus Typ 2 (T2DM) (WHO, 2004, S. 2) und bestimmte Krebserkrankungen (Capasso et al., 2018, S. 144). Zudem verringert der morbid erhöhte BMI die Lebenserwartung der Betroffenen (DGAV, 2018, S. 8) und kann die Ursache für eine Schlaf-Apnoe (Klein et al., 2016, S. 21) oder die Entwicklung eines metabolischen Syndroms sein (Hauner, 2009, S. 15).

Da sich die Langzeit- und Folgeschäden der Adipositas zunehmend zu einer sozialen und ökonomischen Belastung entwickeln (Tremmel et al., 2017, S. 14), rief die WHO bereits im Jahr 2004 die „Global strategy on diet, physical activity and health“ aus, durch die ein allgemeines Bewusstsein sowie globale und regionale Aktionspläne für die Umsetzung gesünderer Ernährungsweisen und mehr Bewegung hervorgerufen werden sollte (WHO, 2004, S. 3ff). Ebenso verfasste eine Initiative der DAG im Jahr 2007 einen Nationalen Aktionsplan zur Bekämpfung des Übergewichts in Deutschland (Müller et al., 2007). Dennoch können Veränderungen der Umwelt und des sozialen Gefüges verstärkt adipogene Auswirkungen auf das Bewegungs- und Essverhalten der Bevölkerung haben. Wenngleich in erster Instanz konventionelle Therapien zur Behandlung von Adipositas eingesetzt werden, repräsentiert die Adipositaschirurgie derzeit eine erfolgreichere Maßnahme zur langfristigen Verringerung des KG, zur Minderung von Folge- und Langzeitschäden durch Begleiterkrankungen sowie zur Einsparung von Kosten im Gesundheitswesen (Klein et al., 2016, S. 9).

3.1.3 Konventionelle Therapien

Adipösen Patienten steht eine Vielzahl therapeutischer Instrumente zur Verfügung, die sie bei der Gewichtsreduktion unterstützen. Ziel dieser Maßnahmen ist es, das KG nachhaltig zu senken und Risikofaktoren sowie Komorbiditäten zu mindern. Auf diese Weise können die Lebensqualität gesteigert und die Lebenserwartung erhöht werden. Die Therapie erfolgt nach einem fünfstufigen Schema, das in Abb. 2 dargestellt wird. Die Primärtherapie von adipösen Personen umfasst neben gesunder Ernährung eine Kombination aus Bewegungs- und Verhaltenstherapie (Komponente 1, 2 und 3). Diese drei Komponenten bilden das mindestens sechsmontatige Basisprogramm, das in Vorbereitung auf eine BO auch als multimodales Konzept (MMK) bezeichnet wird (DAG, 2014, S. 42). Die Ernährungstherapie beinhaltet Gruppen- oder Einzelberatungen, Reduktionsdiäten und in einigen Fällen Formuladiäten (Klein et al., 2016, S. 5). Adipositaspatienten ohne Primärindikation für eine BO müssen sich im Zuge des MMKs zunächst einer monatlichen Ernährungstherapie unterziehen. Bestehen zudem keine körperlichen Einschränkungen, sollte die Bewegungstherapie in diesem Zeitraum mindestens 150 Min./Woche umfassen. Des Weiteren dienen verhaltenstherapeutische Interventionen den Betroffenen zur Reflexion des eigenen Lebensstils und helfen ihnen dysfunktionales Verhalten zu durchbrechen.

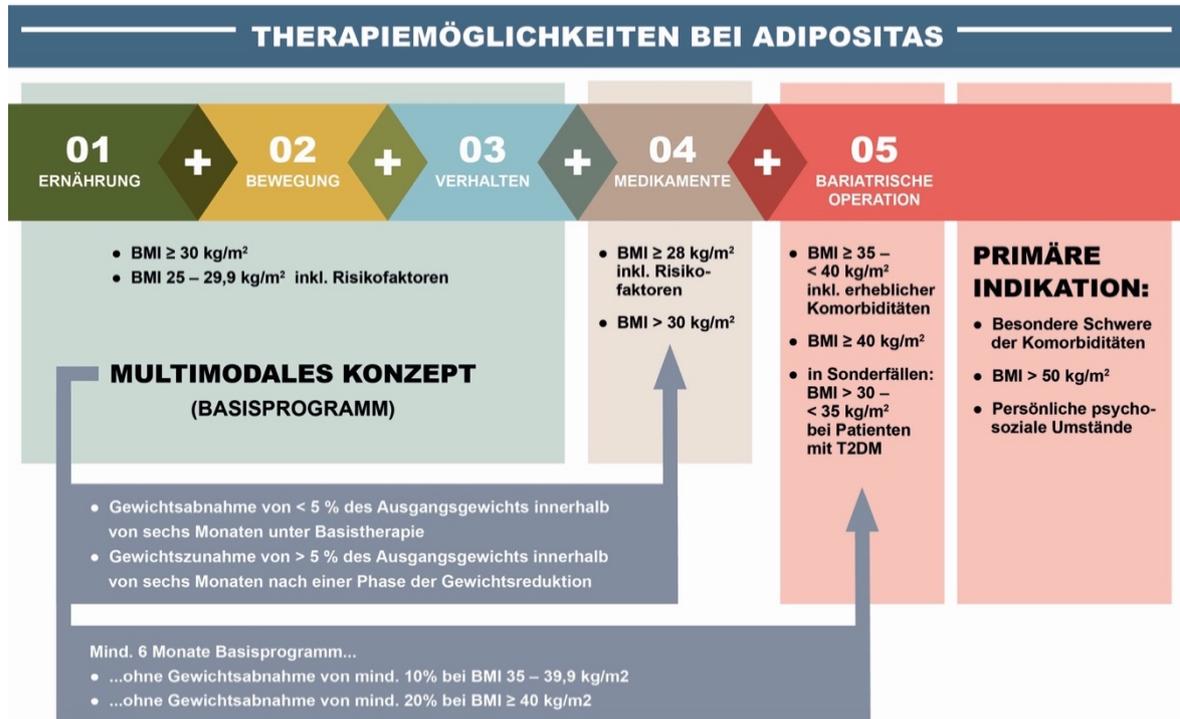


Abb. 2: Therapiemöglichkeiten bei Adipositas (DAG 2014 S. 42-74 eigene Darstellung)

Bei frustraner Absolvierung des MMKs können in sekundärer Instanz eine Pharmakotherapie (Komponente 4) (DAG, 2014, S. 63) oder ein bariatrischer Eingriff (Komponente 5) in Betracht gezogen werden. Eine BO kommt dann in Frage, wenn der Patient $< 10\%$ KG bei einem Ausgangs-BMI $35 - 39,9 \text{ kg/m}^2$ oder $< 20\%$ KG bei einem Ausgangs-BMI $\geq 40 \text{ kg/m}^2$ im Laufe der sechs Monate verloren hat. Das Basisprogramm als primäre Behandlung entfällt, falls aufgrund eines BMI $> 50 \text{ kg/m}^2$, schwerwiegenden Begleiterkrankungen oder besonderen persönlichen Umständen eine primäre Indikation gestellt werden kann (DAG, 2014, S. 66-71.).

3.2 Bariatrische Operation

Sind die Maßnahmen konservativer Gewichtsreduktionsprogramme erschöpft, kann eine Indikation für ein chirurgisches Verfahren zur Gewichtsreduktion gestellt werden (Klein, 2016, S. 6). In einem Zeitraum von 10 Jahren zeigt sich bei Patienten nach der BO ein Gewichtsverlust von durchschnittlich $16,1\%$, wohingegen nicht-behandelte Patienten im Durchschnitt $1,6\%$ KG zunehmen. Die Remissionsrate von T2DM ist bei behandelten Patienten um 10% höher. Zudem sind die Inzidenz von Krebserkrankungen bei Frauen (Klein, 2016, S. 7) und die Inzidenzen von Herzinfarkten, Schlaganfällen bei beiden Geschlechtern verringert (Sjöström, 2013, S. 231). Insgesamt kann die erhöhte Mortalität, die durch das überschüssige KG verursacht wird, über einen Zeitraum von 7-11 Jahren „um $29-40\%$ gesenkt“ (DAG, 2014, S. 28) werden. Ein weiterer gesundheitlicher Vorteil ist die Erhöhung der HRV, die sich mit zunehmender Gewichtsreduktion nach dem Eingriff normalisiert (Nault et al., 2007, S. 1428).

BO sind elektive Verfahren, deren Indikation durch ein interdisziplinäres Team bestätigt werden muss. Dieses Team besteht aus einem Chirurgen, der auf dem Feld der Adipositas und/oder metabolischen Chirurgie bewandert ist, einem Ernährungstherapeuten und einer psychologischen Fachkraft. Die Indikation ist gegeben, wenn a) ein „BMI $\geq 40 \text{ kg/m}^2$ ohne Begleiterkrankungen“ oder b) ein „BMI $\geq 35 \text{ kg/m}^2$ mit einer oder mehreren Adipositas-assoziierten Begleiterkrankungen“ (DGAV, 2018, S. 35) vorliegt. Eine primäre Indikation wird gestellt, wenn a) der BMI des Patienten $\geq 50 \text{ kg/m}^2$ beträgt, b) eine multimodale, konservative Therapie laut Konsens des interdisziplinären Teams keinen Erfolg verspricht oder c) der Patient unter schweren „Begleit- oder Folgeerkrankungen leidet, die keinen Aufschub eines operativen Eingriffs erlauben“ (DGAV, 2018, S. 36). Ein „Goldstandard“ der Adipositaschirurgie ist derzeit nicht existent, da die Wahl des Eingriffs individuell von der körperlichen Verfassung und der Entscheidung des Patienten abhängig

gemacht wird (DGAV, 2018, S. 107). Laut *Empfehlung 6.19* der *S3-Leitlinie* hat die BO folgende Ziele (DGAV, 2018, S. 101):

- „Verbesserung der Lebensqualität
- Remission, Besserung bzw. Prophylaxe von Begleiterkrankungen
- Verlängerung des Überlebens
- Erhalt der Teilhabe (am Arbeitsleben, am gemeinschaftlichen und kulturellen Leben)“ (DGAV, 2018, S. 101)

Die Wirkmechanismen der BO sind bislang noch nicht vollständig geklärt, jedoch kann der Erfolg der Eingriffe hauptsächlich auf die Modulation diverser hormoneller und physiologischer Veränderungen zurückgeführt werden. Zu diesen gehören die Sekretion gastrointestinaler Hormone (insb. Ghrelin, GLP-1 und Insulin), die Sekretion von Gallensäuren und den Fibroblast Growth Factors 19 und 21 sowie die Veränderung des Darmmikrobioms, die Reduktion inflammatorischer Prozesse, die Veränderung der Gustatorik und die Verbesserung kognitiver Eigenschaften (DGAV, 2018, S. 3).

3.2.1 Verfahrensarten

Die bariatrische Chirurgie umfasst eine Vielzahl an Verfahren, zu denen u. a. das Magenband, der Roux-en-Y-Magenbypass (RYGB), der Schlauchmagen/die Sleeve-Gastrektomie (SG) und die biliopankreatische Diversion mit duodenalem Switch (BPD-DS) zählen. Im Folgenden werden die SG und der proximale RYGB näher erläutert, da diese die höchste Evidenz aufweisen und im Bereich der deutschen Adipositaschirurgie am häufigsten vertreten sind (DGAV, 2018, S. 53f.). Diese Operationsverfahren sind zum Verständnis möglicher Komplikationen und nutritiver Bedürfnisse der Probanden dieser Studie relevant.

3.2.1.1 Sleeve-Gastrektomie

Bei der Anlage eines Schlauchmagens werden 80% des Magens (i. d. R. laparoskopisch) irreversibel entfernt (NIH, 2016). Dazu wird ein Bougie mit ± 40 Charrière (~1,3 cm) über den Ösophagus eingeführt, welcher der Kalibrierung des Magenschlauchdurchmessers dient. Mittels eines Klammernahtstaplers wird dann die große Krümmung mitsamt des Fundus vertikal entlang des Bougie reseziert (DGAV, 2018, S. 70) (Abb. 3). Der abgetrennte Teil des Magens wird über eine laparoskopische Öffnung entfernt.

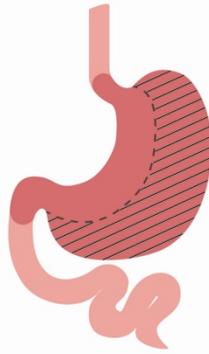


Abb. 3: Sleeve-Gastrektomie (eigene Darstellung)

Durch die Entfernung großer Teile des Magens kann das zuführbare Nahrungsvolumen erheblich begrenzt werden (DGAV, 2018, S. 125). Mithilfe dieses Verfahrens können Patienten ihr KG somit nach 5 Jahren durchschnittlich um 49,5% reduzieren (DGAV, 2018, S. 56). Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens ist sein Effekt auf das Hunger- und Sättigungsgefühl. Dies beruht u. a. auf der adipogenen und appetitanregenden Wirkung des „Hungerhormons“ Ghrelin, welches hauptsächlich aus den Belegzellen des Magenfundus sezerniert wird. Durch den operativen Eingriff werden diese größtenteils entfernt und der Einfluss des Ghrelins wird verringert (Bužga et al., 2014, S. 555). Die SG hat keinen Einfluss auf die enterale Funktion (ASMBS, 2020), allerdings ist eine Nährstoffsupplementation durch die geringe Nahrungsaufnahme im Anschluss an die Operation unumgänglich. Die notwendige Dauer der Supplementation variiert von Patient zu Patient, wird jedoch im Falle einer Umwandlung in einen RYGB angepasst (DGAV, 2018, S. 57).

3.2.1.2 Roux-en-Y-Magenbypass

Ein theoretisch reversibles, aber invasiveres Verfahren als der Schlauchmagen ist der Magenbypass. Infolge der Operation wird zunächst ein kleiner Pouch mit einem Volumen von 15-20 mL am oberen Ende des Magens gebildet. Anschließend wird der Dünndarm ca. 50 cm aboral vom Treitz'schen Band durchtrennt. Auf diese Weise entsteht eine alimentäre Schlinge, die mit dem neugebildeten Magenpouch verbunden wird (Gastroenterostomie). Danach wird die biliopankreatische Schlinge ca. 150 cm aboral der Anastomose mit der alimentären Schlinge verbunden (Jejunojunostomie) (Abb. 4). Der Patient kann somit – ähnlich wie bei der SG – nur ein geringes Nahrungsvolumen aufnehmen. Der Restmagen verbleibt bei diesem Verfahren in situ. Allerdings wird das Duodenum als Ort der höchsten Nährstoffresorption umgangen (DGAV, 2018, S. 56).



Abb. 4: Roux-en-Y-Magenbypass (eigene Darstellung)

Nach fünf Jahren wird bei Patienten mit einem RYGB ein Gewichtsverlust von durchschnittlich 61,3% verzeichnet. Zudem ist die Remissionsrate des T2DM der des Schlauchmagens überlegen und liegt nach dieser Zeitspanne bei 75% (DGAV, 2018, S. 56). Aus diesem Grund wird der RYGB primär für T2DM-Patienten und im Falle eines therapierefraktären gastroösophagealen Refluxes empfohlen (DGAV, 2018, S. 63). Ähnlich wie bei der SG induziert die Umleitung der Nahrung hormonelle Umstellungen in Bezug auf die Hungerunterdrückung und die Förderung des Sättigungsgefühls. Zudem kommen biliopankreatische Verdauungsenzyme durch dieses Verfahren erst spät mit der Nahrung im Darm in Kontakt, wodurch die Resorptionskapazität von Nahrungskomponenten beeinträchtigt sein kann. Weil dadurch diverse Makro- und Mikronährstoffmängel hervorgerufen werden können, ist nach einem RYGB eine lebenslange Nährstoffsupplementation notwendig (DGAV, 2018, S. 125).

3.2.2 Vorbereitung

Zu den perioperativen Vorbereitungen gehören eine ganzheitliche Familien-/Anamnese (mögliche Begleiterkrankungen, frühere Diätversuche etc.), körperliche Untersuchungen (BMI, Blutdruck, etc.) sowie die Messung von Gesundheitsparametern (EKG, Laboranalyse, etc.). Der Patient wird während eines chirurgischen Vorgesprächs auf die Risiken und Langzeitimplikationen des Eingriffs aufmerksam gemacht. Zudem wird ihm das chirurgische Vorgehen dargelegt und der daraus resultierende Nutzen für die beabsichtigte Gewichtsreduktion. Des Weiteren wird der Patient in einer ernährungstherapeutischen Schulung über die Implikationen für sein zukünftiges Essverhalten und die notwendige regelmäßige Supplementation von Vitaminen, Mineralstoffen und Proteinen aufgeklärt. Um das Lebervolumen zu verringern und somit das Risiko der Operation zu schmälern, wird der Patient gebeten, eine niederkalorische Eiweißphase zwei Wochen vor der Operation durchzuführen (DGAV, 2018, S. 93-97.).

3.2.3 Nachsorge

Um einen andauernden Erfolg der Operation garantieren zu können, wird ein lebenslanges Monitoring des Patienten durch entsprechendes Fachpersonal empfohlen (DGAV, 2018, S. 115). Wie bereits erwähnt, kann es nach der Operation zu malabsorptiven Störungen kommen. Daher wird Patienten empfohlen, regelmäßig ein Multivitamin- und Mineralstoffpräparat, Eiweiß und Calcium einzunehmen. Die Supplementation von Vitamin B₁₂, Vitamin D, Folsäure und Eisen wird abhängig von der laborchemischen Auswertung an die individuellen Nährstoffbedürfnisse des Patienten angepasst (DGAV, 2018, S. 125-128). Die Empfehlungen des Adipositaszentrums des Asklepios Westklinikums basieren dabei auf den 2013 veröffentlichten *AACE/TOS/ASMBS Guidelines* der *American Society for Metabolic and Bariatric Surgery* (Mechanick et al., 2013) (Tab. 2). Abweichend davon wird jedoch vorsorglich zu einer Vitamin B₁₂-Supplementierung beginnend ab dem dritten Monat nach der OP geraten. Der Patient erhält zudem vor der Krankenhausentlassung die ersten Nachsorgetermine (Monat 1 und Monat 3 nach der BO), um eine engmaschige Betreuung aufrechterhalten zu können (DGAV, 2018, S. 116).

Tab. 2: Empfehlungen zu Nahrungsergänzungsmitteln nach SG oder RYGB
(Mechanick et al. 2013 S. 164-169)

Nahrungsergänzung bei Magenbypass und Schlauchmagen	Tagesbedarf nach der Magenbypass - OP
Multivitamin- und Mineralstoffpräparat	200 % des Tagesbedarfes (in 1-2 Portionen)
Calcium (als Citrat)	1200 – 1500 mg/Tag
Vitamin D ₃	3000 IE/Tag
Eisen	45 – 60 mg/Tag
Vitamin B ₁₂	1000 µg/Tag als Tablette oder 1000 – 3000 µg als Spritze alle 3 – 6 Monate in den Muskel gespritzt
Protein	> 60 g/Tag

3.3 Herzfrequenzvariabilität

Die HRV ist ein vom ANS gesteuerter Gesundheitsparameter, der mithilfe eines EKGs ermittelt werden kann. Durch ihn kann der Erfolg der BO auf die Funktion des ANS bewertet werden. In den folgenden Unterkapiteln wird daher zunächst ein Überblick über den Aufbau und die Funktion des Herzens sowie dessen Steuerung durch das ANS gegeben. Nach einer Erläuterung des EKG wird die HRV und deren Zusammenspiel mit dem ANS beschrieben. Zum Schluss werden Analysemethoden zur Auswertung der HRV-Daten vorgestellt, die in der hier beschriebenen Studie verwendet wurden.

3.3.1 Aufbau und Funktion des Herzens

Das Herz ist ein rhythmisch kontrahierender Muskel, der sauerstoffreiches Blut über die vom linken Ventrikel abzweigende Aorta in den großen Blutkreislauf pumpt. Rückfließendes sauerstoffarmes Blut wird über die Vena cava in den rechten Ventrikel und von dort in den kleinen Blutkreislauf (die Lungenstrombahn) geleitet (Brandes, 2019, S. 222).

Die mechanische Kontraktion besteht aus zwei alternierenden Phasen – Diastole und Systole. Während der Diastole sind die Mitralklappen und Trikuspidalklappen geöffnet und die Aorten- und Pulmonalklappen geschlossen, sodass sich die Ventrikel füllen können. Während der Systole, die durch eine isovolumetrische Anspannung der Herzmuskelzellen eingeleitet wird, schließen sich die Segelklappen und die Taschenklappen öffnen sich, damit eine Entleerung der Ventrikel und eine erneute Füllung der Vorhöfe gewährleistet werden kann. Ein normaler Blutdruck in Ruhe beträgt ca. 120/80 mmHg (systolisch/diastolisch) (Daut, 2019, S. 166f.).

Die Innervation erfolgt über den Parasympathikus und Sympathikus (ANS) und kann mithilfe eines EKGs aufgezeichnet werden. Die Erregung der Herzmuskelzellen breitet sich über elektrisch wirkende Schrittmacherzellen aus (Shaffer et al., 2014, S. 3-5). Die Aktionspotentiale werden i. d. R. am primären Schrittmacher, dem Sinusknoten, initialisiert und zur Erregung der Vorhofmuskulatur an den AV-Knoten weitergegeben. Zur Überwindung der isolierenden Wirkung der Ventilebene wird der depolarisierende Reiz vom AV-Knoten über das His-Bündel zu den Herzkammern weitergegeben. Die Reizweiterleitung erfolgt von dort entlang der Tawara-Schenkel am Kammerseptum in Richtung des Apex cordis und erstreckt sich seitwärts in die Purkinje-Fasern (Klöcker & Piper, 2019, S. 192-195). Die Kammern kontrahieren daraufhin 50 ms zeitverzögert zu den Vorhöfen (Daut, 2019, S. 166). Da die Refraktärzeit des Myokards länger ist als dessen Depolarisationszeit, ist das Herz für eine Weile nicht tetanisierbar. So können einzelne, klar voneinander getrennte Herzzyklen realisiert werden (Klöcker & Piper, 2019, S. 192-195).

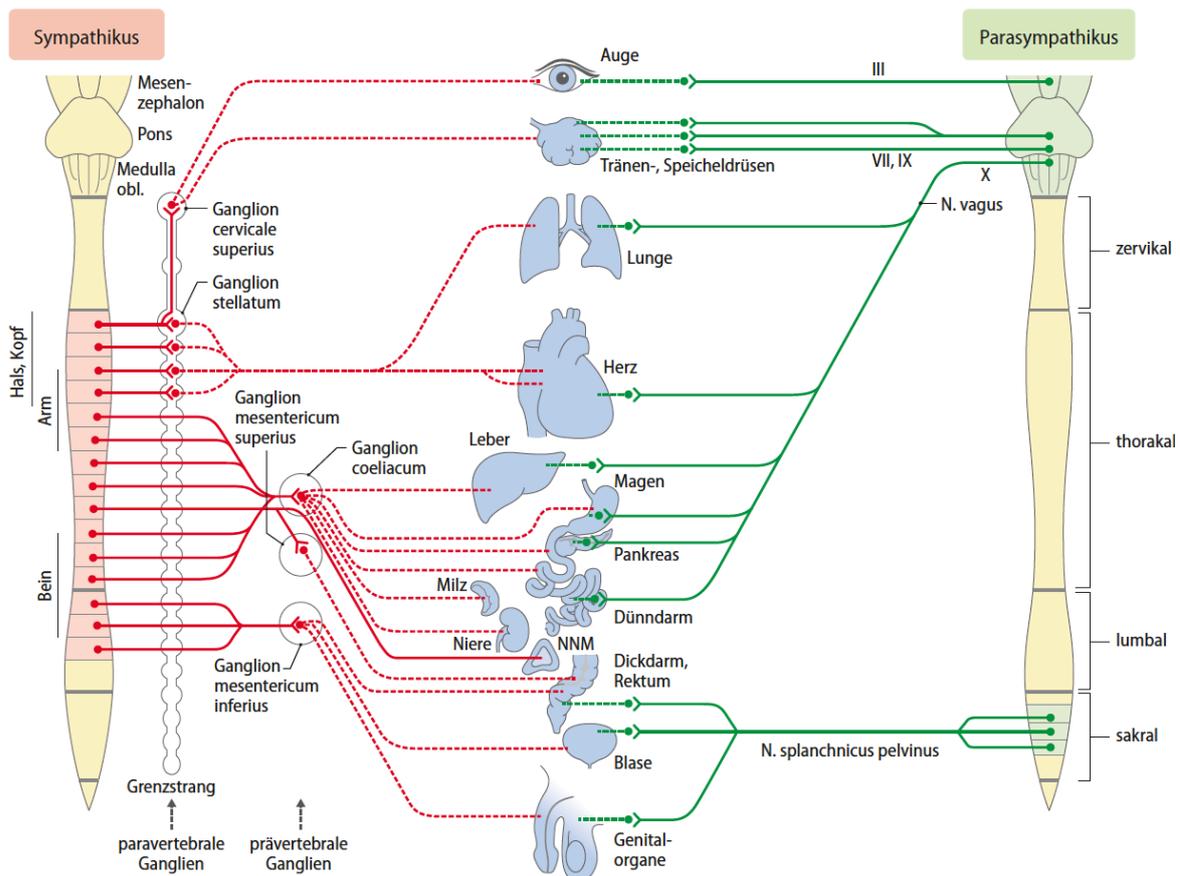
3.3.2 Das Autonome Nervensystem

Das ANS steuert die unwillkürliche Aktivität von Organen und setzt sich zusammen aus dem Parasympathikus, dem Sympathikus und dem Darmnervensystem (DNS). Ihr Zusammenspiel dient u. a. der Aufrechterhaltung der Homöostase und der Vitalfunktionen.

Der Parasympathikus und der Sympathikus bilden einen symbiotischen Strang in Serie geschalteter Neurone (Jänig & Baron, 2019, S. 879). Deren Verschaltung mit den Zielorganen wird durch Abb. 5 schematisch dargestellt und verläuft wie folgt:

Die vier kranialen Neurone (u.a. N. vagus) des Parasympathikus erstrecken sich efferent vom Hirnstamm zu den Effektoren (Huggenberger et al., 2019a, S. 159). Genau wie die parasympathischen Axone des Sakralmarks formen sie Ganglien in der Nähe der Zielorgane. Die efferenten Nerven des Sympathikus bilden eine Ansammlung von Ganglien, die thorakolumbal als Grenzstrang im Seitenhorn verlaufen und die angesteuerten Organe als postganglionäre Nervenfasern erreichen. Die Erregungsübertragung der prä- und postganglionären vagalen Axone und der präganglionären Nervenfasern des Sympathikus erfolgt vorwiegend über den Neurotransmitter Acetylcholin. Die sympathischen postganglionären Nervenendigungen setzen dagegen meist Noradrenalin frei. Beide Systeme innervieren u. a. die glatte Muskulatur der Organe, exokrine Drüsen und die Muskulatur des Herzens (Jänig & Baron, 2019, S. 880f.).

Der Parasympathikus prägt den „Rest-and-digest“-Modus des Körpers, indem er die Aktivität autonom steuerbarer Organe verlangsamt und den Sympathikus hemmt. In diesem Modus werden u. a. die Pupillen verengt, die Herzfrequenz verringert und die Speichel- und Bronchialsekretion gefördert. Der Sympathikus dagegen übernimmt in Gefahrensituationen die Kontrolle („Fight-or-Flight“-Modus) und erhöht die Aktivität der Organe, indem er bspw. die Herzfrequenz steigert, die Pupille erweitert und die Anspannung der Arteriolen einleitet (Schünke et al., 2018, S. 297). Da die meisten Organe nicht gleichzeitig durch beide Systeme gereizt werden können, wirken Parasympathikus und Sympathikus als funktionelle Einheit, die auch als sympatho-vagale Balance bezeichnet wird (Jänig & Baron, 2019, S. 889). Der Einklang des parasympathischen (PNS) und sympathischen Nervensystems (SNS) spricht für einen gesunden Organismus (Shaffer et al., 2014, S. 2).



■ **Abb. 70.2** Aufbau des peripheren vegetativen Nervensystems. Rote und grüne durchgezogene Linien: präganglionäre Axone; rote und grüne unterbrochene Linien: postganglionäre Axone. Die sympathische Innervation von Blutgefäßen, Schweißdrüsen und Haarbalgmuskulatur hat ihren Ursprung in allen thorakolumbalen Segmenten. Ihr Ursprung ist links für die Extremitäten und den Kopf angegeben. (III, VII, IX und X = Hirnnerven; NNM = Nebennierenmark)

Abb. 5: Aufbau des peripheren vegetativen Nervensystems (Jänig & Baron 2019 S. 880)

Das Darmnervensystem ist ein autonom arbeitendes Nervensystem, das den gesamten Magen-Darm-Trakt umfasst und dessen Motilität und exokrine Drüsenfunktion beeinflusst. Zur Innervation der enteralen Zellen nutzen DNS-Neurone ebenfalls vorwiegend den Neurotransmitter Acetylcholin. Dennoch ist das DNS mit dem sympatho-vagalen System verknüpft und kann bei Bedarf von diesem gesteuert werden (Jänig & Vaupel, 2019, S. 478f.).

3.3.2.1 Regulation der Nahrungsaufnahme

Das homöostatische Gleichgewicht wird über afferente und efferente Pfade zwischen dem ANS und den Erfolgsgeweben kontrolliert. Diese werden durch Abb. 6 verdeutlicht und im Folgenden näher erläutert.

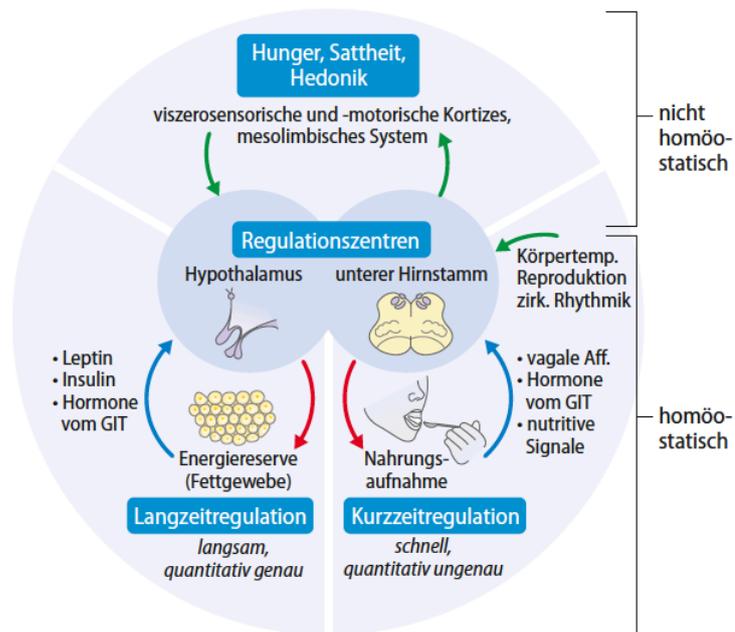


Abb. 6: Konzept der homöostatischen Lang- und Kurzzeitregulation von Energiereserven und Nahrungsaufnahme und ihre Kontrolle durch zerebrale Systeme (Jänig 2019 S. 556)

Durch die afferente Übermittlung chemischer, mechanischer, nutritiver und hormoneller Signale über das ANS kann eine Einschätzung des metabolischen Status im Hypothalamus und in der Medulla oblongata des unteren Hirnstamms erfolgen. Auf diesem Weg differenziert der Körper zwischen Hunger und Sättigung. Durch die synaptische Bindung des Hypothalamus zur Medulla oblongata können wiederum Efferenzen zu den Effektoren (z. B. Gastrointestinaltrakt) gelangen (Jänig, 2019, S. 554-557). Der Hirnstamm beinhaltet eine Reihe an Nuclei (Formatio reticularis), zu denen u.a. der Nucleus dorsalis nervi vagi gehört. Dieser bildet Efferenzen über den Nervus vagus zu den Brust- und Bauchorganen (Schünke et al., 2018, S. 300). Somit wirkt der Hypothalamus als zentrales Bindeglied und Kontrollzentrum für sämtliche vegetativen Vorgänge („Blutdruck, Wasserhaushalt, Temperatur, Nahrungsaufnahme, Hormonsekretion“ (Schünke et al., 2018, S. 277)), die eine Rolle beim Erhalt der Homöostase spielen (Schünke et al., 2018, S. 277).

Das ANS kann als Antwort auf afferente Reize regulatorische Anpassungen über efferente Neurone in der Leber, im Gastrointestinaltrakt, der Bauchspeicheldrüse und dem Fettgewebe vornehmen. So wird der Hypothalamus auf lange Sicht durch die Sekretion von Leptin als Antwort auf eine ausreichende Fetteinlagerung in den Adipocyten gehemmt und kann durch ein Ausbleiben dieser Hormonausschüttung aktiviert werden. Kurzfristig wirkende gastrointestinale Signale werden im dorsalen vagalen Motorkomplex der Medulla oblongata (bestehend aus Nucleus tractus solitarii, Nucleus dorsalis nervi vagi und Area postrema) und im Hypothalamus verarbeitet. Die Aufnahme von Makronährstoffen wie z.B.

Glucose wirkt hier sättigungsfördernd, wohingegen die Ausschüttung von Ghrelin aus den Parietalzellen des Magens als Hunger-Signal an das Gehirn weitergegeben wird. Ghrelin entfaltet dabei eine hemmende Wirkung auf den afferenten Schenkel des Nervus vagus. Die Konzentration des Hormons steigert sich im Zuge interdigestiver Phasen und erreicht seinen Zenit in Fastenzeiten. Postprandial ist die Konzentration am geringsten (Jänig, 2019, S. 554f.). Eine kontinuierlich erhöhte Nahrungszufuhr kann die energetische Homöostase stören. Dadurch kann sich im Laufe der Zeit eine sympatho-vagale Dysbalance einstellen, die sich in Form einer verringerten HRV äußert (Hoos, 2019, S. 190).

3.3.2.2 Regulation der Herzfähigkeit

Die Herzfähigkeit wird durch die Anpassung der Herzfrequenz und des Schlagvolumens durch das ANS gesteuert. Der Parasympathikus senkt hierbei den Puls und erzeugt unter Ruhebedingungen eine Herzrate von ca. 75 Schlägen/Min. (bpm). Er wirkt schnell ($< 1s$) und kurzzeitig. Sein Gegenspieler, der Sympathikus, wirkt dagegen verzögert ($> 5s$) und längerfristig. Er lässt die Herzfrequenz ansteigen (Shaffer et al., 2014, S. 2). Die Nerven des Sympathikus reizen das gesamte Myokard. Die Fasern des Parasympathikus, die über den Nervus Vagus zum Herzen gelangen, haben dagegen vorwiegend Einfluss auf die Vorhofmuskulatur, bestimmen den Ruhepuls und wirken eine bremsende Funktion auf den Sympathikus aus (Klöcker & Piper, 2019, S. 195f.). Eine willentliche Manipulation der Herzfrequenz kann nur durch mechanische Expansion und Kontraktion der Atemmuskulatur erfolgen (Hoos, 2019, S. 183).

3.3.3 Das Elektrokardiogramm

Das EKG ist ein diagnostisches Werkzeug, das zur Bewertung des Gesundheitszustandes eingesetzt werden kann. Bei der Innervation des Myokards werden elektrische Felder generiert. Das EKG nutzt den Vergleich von Spannungsunterschieden zwischen zwei Elektroden, die sich innerhalb dieser elektrischen Felder befinden. Daraus kann eine differenzierte Ableitung der Erregungswelle (Vorhof- und Kammererregung sowie Rückbildung der Reize) generiert werden. Der Spannungsunterschied einer erregten Stelle mit ca. 30mV und einer nicht erregten Stelle der Muskulatur mit ca. -85mV (Klöcker & Piper, 2019, S. 188f.) kann z. B. anhand einer Elektrodenanordnung nach Einthoven abgelesen werden (Rohrbach & Piper, 2019, S. 203). Im Folgenden wird die Ableitung des EKG anhand eines Zyklus der Herzmuskelnervation verdeutlicht (Abb. 7):

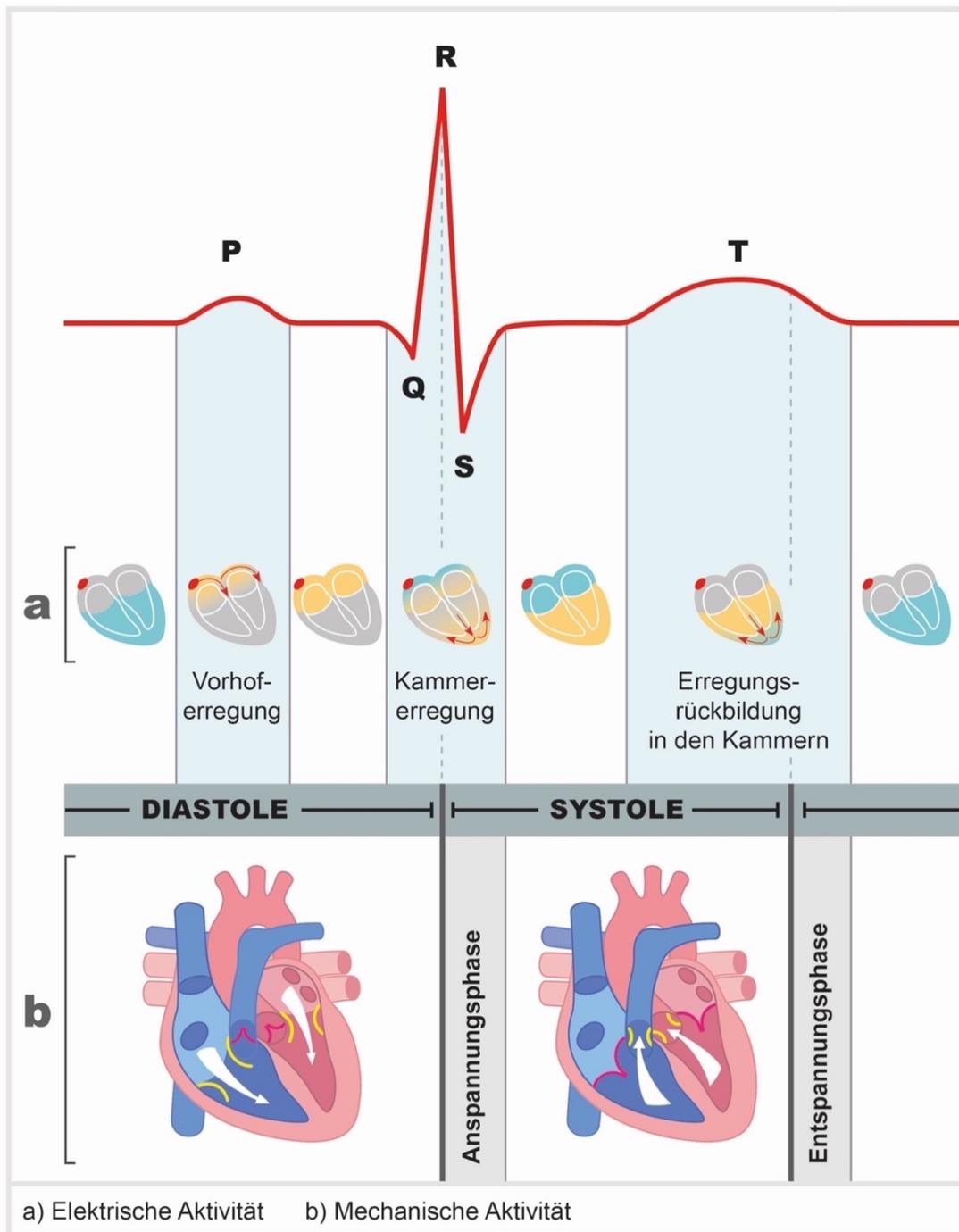


Abb. 7: Deutung der De- und Repolarisation des Herzens anhand des EKGs
 (Shaffer et al. 2014 S. 2f. eigene Darstellung)

Bei der Betrachtung des EKGs ist jedoch nicht nur die Herzfrequenz von Bedeutung, sondern auch deren Variabilität. Das Prinzip der HRV wird im folgenden Unterkapitel näher beleuchtet.

3.3.4 Ableitung der Herzratenvariabilität

Die HRV dient der Funktionsanalyse des ANS. Aus ihr lassen sich Prognosen über den Gesundheitszustand und das kardiovaskuläre Risiko eines Patienten ableiten. Um die HRV ermitteln zu können, werden die Abstände zwischen zwei jeweils benachbarten R-Zacken gemessen (RR-Intervalle). Die R-Zacken, welche die Depolarisation der Herzkammern repräsentieren, haben keinen konstanten Abstand zueinander, sondern variieren in ihrer Länge (Abb. 8):

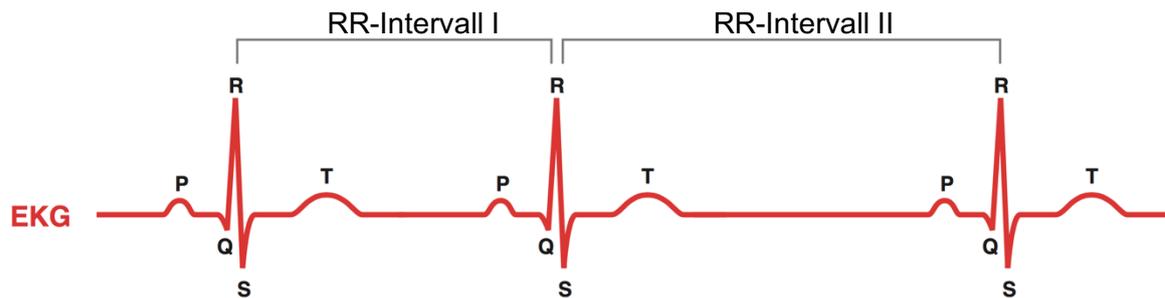


Abb. 8: EKG-Unterschiede von RR-Intervallen (eigene Darstellung)

Diese Fluktuation basiert auf dem Einfluss des ANS, dem das Myokard unterliegt. In diesem Zusammenhang sind der Baroreflex und die respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) von besonderer Bedeutung. Der Baroreflex reguliert den mittleren arteriellen Blutdruck mithilfe einer vagusvermittelten Rückkopplung/negativen Feedback-Schleife im Hirnstamm. Die RSA ist durch die Pulsänderung infolge der In- und Expiration zwecks optimaler Nutzung des oxigenierten Blutes gekennzeichnet. Bei der Ausatmung wird die Herzmuskulatur vorwiegend vom Parasympathikus gesteuert. Während der Einatmung erfolgt die Innervation durch den Sympathikus. Auf diese Weise entstehen vergleichsweise kürzere RR-Intervalle (Herzfrequenzsteigerung) während der Ein- und längere RR-Intervalle (Herzfrequenzminderung) während der Ausatmung. Je größer die Abweichungen dieser Herzfrequenzintervalle sind, desto höher ist die Herzratenvariabilität (Hoos, 2019, S. 182-184).

Neben der Atmung kann die HRV durch eine Vielzahl an Faktoren beeinflusst werden. Bspw. können regelmäßige körperliche Aktivität und die Zugehörigkeit zum weiblichen Geschlecht (< 50 Jahren) für eine höhere HRV sprechen. Eine verringerte HRV wird dagegen bei Faktoren beobachtet, die häufig mit Adipositas im Einklang stehen. Hierzu gehören Herz-Kreislauf-Erkrankungen, ein hoher Körperfettgehalt, psychiatrische Erkrankungen, Diabetes mellitus und Stress (Sammito et al., 2014, S. 19-22). Adipöse Patienten weisen demnach eine erhöhte sympathische Aktivität während Ruhephasen und somit eine verringerte HRV auf (Okamoto et al., 2015, S. H2102). Die inverse Beziehung zwischen HRV und BMI durch die sympathisch-dominierte Herzaktivität und Reduktion des vagalen Einflusses

ist bereits bei Überschreitung des Normalgewichts zu beobachten (Adam et al., 2017, S. 344) und kann ein Gesundheitsrisiko für Menschen mit erhöhtem KG darstellen (Karason et al., 1999, S. 1246).

Insgesamt stellt die HRV eine einfache Screening-Methode dar, die die Antwort von komplexen Interaktionsmechanismen des ANS mit diversen intra- und extrakorporalen Faktoren auf das Herz abbildet. Aus diesem Grund kann anhand der HRV eine Bewertung des therapeutischen Erfolgs einer bariatrischen Operation im Zusammenhang mit der Funktionsstüchtigkeit des ANS erfolgen (Hoos, 2019, S. 192).

3.3.5 Analysemethoden

Zur Quantifizierung aufgezeichneter EKGs kann die Software *Kubios HRV (Ver. 3.3.1)* genutzt werden, welche die Messdaten in Kennwerte der Zeit-, Frequenz-, nonlinearen und zeitvariablen Bereiche übersetzt (Tab. 3). Zu den Standardkennwerten der HRV gehören *Mean RR*, *Mean HR*, *RMSSD*, *Stress Index*, *SD1* und *SD2*. Die Kennwerte *Mean RR*, *RMSSD*, *SD1* und *logHF* bilden die vagale Aktivität ab. Diese wird auch zusammenfassend als *PNS Index* dargestellt. Selbiges gilt für den *SNS Index*, welcher die sympathische Aktivität zusammenfasst und durch die Werte *Mean HR*, *Stress Index*, *SD2*, *logLF* und *VLF (very low frequency)* gekennzeichnet ist (Tarvainen et al., 2020, S. 17). Die *VLF* liefert bei einer Messdauer ≤ 5 Min. jedoch keine verlässlichen Werte (Camm et al., 1996, S. 358). Daher findet sie bei der Auswertung der im Folgenden vorgestellten sechsminütigen Messperioden keine Beachtung. In der nachstehenden Auswertung wird allerdings die Standardabweichung der RR-Intervalle (*SDNN*) betrachtet, da dieser Parameter bei getakteter Atmung innerhalb einer kurzen Messperiode empfindlich auf Artefakte reagiert (Tarvainen et al., 2020, S. 30) und die Variabilität des Messzyklus abbildet. Der Parameter *pNN50* ist ebenfalls von Bedeutung, da er hochfrequentäre Schwankungen der Herzrate zeigt (Camm et al., 1996, S. 362).

Tab. 3: Parameter der HRV-Analyse

(Camm et al. 1996 S. 358; Sammito et al. 2014 S. 15-18; Tarvainen et al. 2020 S. 30)

Kennwert	Beschreibung	Einheit
PNS	Hauptkennwerte des parasympathischen Nervensystems	
Mean RR	durchschnittlicher Abstand zwischen RR-Intervallen	[ms]
RMSSD	Quadratwurzel des Mittelwertes der Summe aller quadrierten Differenzen aufeinanderfolgender RR-Intervalle (kurzfristige Schwankungen, die sich im HF-Bereich der RR-Intervalle zeigen)	[ms]
SD1	Standardabweichung orthogonal zu der Identitätslinie im Poincaré Plot (Kurzzeit-Variabilität)	[ms]
logHF Power (FFT)	Natürlicher Logarithmus der absoluten Power der HF-Bande [ms ²] (High Frequency: Aktivität efferenter Signale des Parasympathikus; Frequenzbereich der HF-Bande: 0.15-0.4 Hz; Durch ihre enge Verknüpfung mit der RSA wird die Hf-Bande auch als "Atmungsbande" bezeichnet)	/
PNS Index	Vagale Aktivität (Mean RR, RMSSD und SD1 (%)) im Vergleich zur Werten unter Ruhebedingungen	/
SNS	Hauptkennwerte des sympathischen Nervensystems	
Mean HR	Herzfrequenz	[bpm]
Stress Index	Quadratwurzel des Baeovsky Stress Index (50-150 = normal)	/
SD2	Standardabweichung entlang der Identitätslinie im Poincaré Plot (Langzeit-Variabilität)	[ms]
logLF Power (FFT)	Natürlicher Logarithmus der absoluten Power der LF-Bande [ms ²] (Low Frequency: Aktivität vorwiegend sympathischer, aber auch parasympathischer Signale; Frequenzbereich der LF-Bande: 0.04-0.15 Hz)	/
SNS Index	Sympathische Aktivität (Mean HR, Stress Index und SD2 (%)) im Vergleich zur Werten unter Ruhebedingungen	/
Weitere		
logLF/HF-Ratio Power (FFT)	Ausdruck der sympatho-vagalen Balance	/
SDNN	Standardabweichung der RR-Intervalle (kurz- und langfristig)	[ms]
pNN50	Anteil der Intervalle, die mehr als 50 ms voneinander abweichen	[%]

3.3.5.1 Zeitbereich

Die Methoden des Zeitbereichs werden ausschließlich und direkt auf die gemessenen RR-Intervalle angewendet, um die Varianz derselben statistisch ermitteln zu können. Die statistische Auswertung erfolgt über die Variablen *Mean RR*, *Mean HR*, *SDNN*, *RMSSD* und *pNN50*. Die geometrische Umsetzung erfolgt anhand von Histogrammen als auch Graphen, die die HR-Beschleunigungs- (AC) und Verlangsamungskapazität (DC) illustrieren (Tarvainen et al., 2020, S. 18).

3.3.5.2 Frequenzbereich

Im Gegensatz zu den Zeitbereichsmethoden sind die Methoden des Frequenzbereichs in der Lage, die Power-Verteilung zu beschreiben und darzulegen, ob die Schwankungen der RR-Intervalle parasympathisch oder sympathisch geprägt sind (Sammito et al., 2014, S. 12). Zu den Kennwerten dieser Analyseoption gehören *VLF*, *logLF Power*, *logHF Power* und der *logLF/HF-Power-Ratio*. Je geringer dieses durch eine hohe *HF-Bande* ausfällt, desto höher ist die HRV. Die spektrale Analyse wird mithilfe einer *Fast Fourier Transformation* (FFT) oder eines *Autoregressiven Modells* (AR) veranschaulicht (Tarvainen et al., 2020, S. 18) (Abb. 28).

3.3.5.3 Nonlineare Methode

Diese Analysemethode umfasst alle nichtlinearen Variablen. Die grafische Darstellung nicht-linearer Abweichungen erfolgt u. a. anhand eines Poincaré Plots (Abb. 29). Hierbei werden alle gemessenen RR-Intervalle als Funktion darauffolgender RR-Intervalle dargestellt und die Standardabweichungen ihrer Abstände zum Quer- (SD1) und Längsdurchmesser (SD2) der Ellipse bestimmt. So entsteht eine charakteristische Punktwolke, die zur visuellen Beurteilung der HRV dienen kann (Tarvainen et al., 2020, S. 19).

3.3.5.4 Zeitvariable Methode

Diese Methode verdeutlicht die Synchronisation des ANS mit der Atmung, indem zeitliche Trends aller oder bestimmter Messdaten in Form einer farbkodierten Spektralanalyse dargestellt werden (Abb. 30). Die Methode erlaubt nur die Auswertung von Messperioden > 5 Min. (Tarvainen et al., 2020, S. 19).

3.4 Olfaktorik

Der Mensch nimmt täglich eine Vielzahl an Duftstoffen wahr, die in Kombination charakteristische Düfte (Odorantien) formen. Diese können z. B. Informationen über den Reifegrad eines Lebensmittels sowie dessen Komponenten und Lokalisation vermitteln. Die Bewertung von 10.000 Düften, die vom Menschen erkannt werden können (Hatt, 2019, S. 783), erfolgt emotional basierend auf subjektiven Aversionen und Affinitäten. Olfaktorische Impressionen werden mit jedem Atemzug kognitiv verankert und lösen bei erneuter Exposition mit dem Duft hedonisch-geprägte Emotionen und Erinnerungen aus (Huggenberger et al., 2019b, S. 120). Zu diesen gehören u.a. Signale zum Aufnehmen oder Beenden einer Mahlzeit. Eine Störung des Systems könnte daher eine adipogene Wirkung auf den Organismus entfalten (Kindleysides et al., 2017, S. 16). Im Folgenden werden das olfaktorische System und seine Reizverarbeitung näher beschrieben. Es wird zudem erläutert, inwieweit das Riechsystem mit dem ANS in Zusammenhang steht und welche Implikationen eine Dysfunktion des Systems hat.

3.4.1 Das olfaktorische System

Das olfaktorische System ist Teil des somatischen Nervensystems und besteht aus dem Riechepithel, welches als Nervus olfactorius im Bulbus olfactorius auf die Riechbahn (Tractus olfactorius) umgeschaltet wird. Es endet im olfaktorischen Cortex des Gehirns (Huggenberger et al., 2019b, S. 120). Die folgende Abbildung dient der bildlichen Unterstützung der darauffolgenden Erläuterung der neuronalen Verschaltung (Abb. 9):

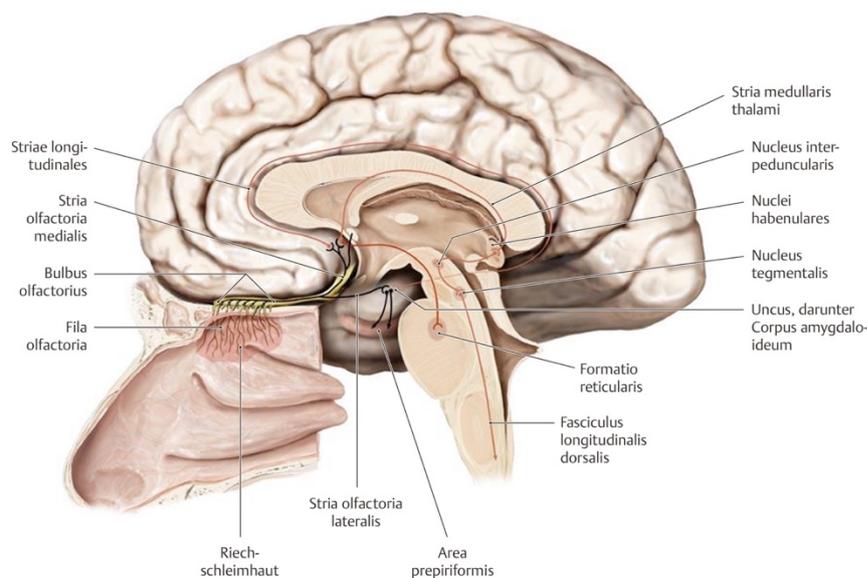


Abb. 9: Schematische Darstellung des olfaktorischen Systems (Schünke et al. 2018 S. 490)

Riechzellen, Basalzellen und Stützzellen bilden das Riechepithel. Das Riechsystem kann sich regelmäßig durch die Eigenschaft der Basalzellen als adulte Stammzellen regenerieren. Die Riechzellen bilden das 1. Neuron der Riechbahn und sind für die Erkennung von Duftstoffen und deren Signalweiterleitung verantwortlich. Sie bilden nur jeweils einen von über 350 verschiedenen Duftstoffrezeptortypen aus. Die Zilien am apikalen Ende der primären bipolaren Riechsinneszellen ragen in das Lumen der Nasenmuschel und treten direkt mit Duftstoffen aus der Atemluft in Kontakt. Die Duftstoffe binden an die Rezeptoren der Riechzelle. Durch diese chemische Reizung wird ein Aktionspotential generiert, welches entlang des Axons der Zelle durch das Siebbein in den Bulbus olfactorius geleitet wird. Hier werden > 1000 Riechzellen mit demselben Rezeptor gebündelt und über jeweils einen Glomerulus synaptisch auf die Dendriten einer Mitralzelle verschaltet (Hatt, 2019, S. 782). Die Mitralzellen verlaufen danach als 2. Neuron über den Tractus olfactorius entlang des Paläocortex in die tieferen Gehirnregionen.

Hier teilt sich die Riechbahn am Trigonum olfactorium in die Striae olfactoria lateralis und olfactoria medialis. Die Fasern verlaufen jedoch nicht ausschließlich ipsilateral. Manche der afferenten Axone des 2. Neurons zweigen zudem im Trigonum olfactorium ab und können über den Nucleus olfactorius anterior zum Bulbus olfactorius zurückgeleitet werden (Schünke et al., 2018, S. 490, S. 518-519).

Die Afferenzen der Stria olfactoria lateralis werden zum pyriformen (primären) Cortex im Temporallappen nahe des Uncus geleitet (Huggenberger et al., 2019b, S. 120). Die Innervation dieses Areals wird durch die Herkunft und Intensität eines Duftes gesteuert und ist verantwortlich für die rein objektive Wahrnehmung eines Duftes (Rolls, 2019, S. 98). Von der Area prepiriformis werden die Afferenzen der Stria olfactoria lateralis als 3. Neuron einerseits über den Thalamus an den orbitofrontalen Cortex und andererseits über den Cortex periamygdaloideus zum Hypothalamus geleitet. Olfaktorische Axone sind die einzigen sensorischen Afferenzen, die im Thalamus keine Synapsen bilden müssen und direkt zur Hirnrinde gelangen, da der Bulbus und Tractus olfactorius bereits Teile des Telencephalons darstellen (Schünke et al., 2018, S. 518-519).

Die Fasern der Stria olfactoria medialis setzen sich im Tuberculum olfactorium und der Area subcallosa des limbischen Systems fort. Von dort gelangen sie als 3. Neuron ipsilateral zur Habenula und zum Hippocampus, der – wie der orbitofrontale Cortex – im Großhirn lokalisiert ist (Schünke et al., 2018, S. 518). Die Habenulakerne und der Hypothalamus erhalten außerdem affektive Signale aus der Amygdala über die Stria terminalis (Schünke et al., 2018, S. 349).

Die Weiterleitung olfaktorischer Nervenbahnen entlang des limbischen Systems trägt u.a. zur emotionalen Verarbeitung von Gerüchen bei. Das limbische System umfasst

eine Vielzahl an kortikalen und subkortikalen anatomischen Strukturen, welche das Affektverhalten, das Gedächtnis, emotionale Antworten auf äußere Reize und vegetative Funktionen regulieren (Warnke et al., 2019, S. 87). Die Riechbahn passiert das limbische System in den Bereichen der Area subcallosa, des Hippocampus, des Fornix, der Septumkerne, der Amygdala, der Habenula, des Nucleus anterior thalami und in Teilen des medialen Vorderhirnbündels (Schünke et al., 2018, S. 492).

Über den Hypothalamus, den Thalamus und das limbische System werden emotionsgekoppelte Reaktionen initiiert (Schünke et al., 2018, S. 519). Der Thalamus stellt eine zentrale subkortikale Verbindung zum Cortex her und ist für die Steuerung von Emotionen zuständig. Er ist das Umschaltzentrum für die Sinnesbahnen, mit Ausnahme der olfaktorischen Neurone. Der Epithalamus dient ebenfalls als Brücke zwischen dem olfaktorischen System und dem Hirnstamm. Insbesondere in dessen Habenulae werden olfaktorische Reize vegetativ verarbeitet, indem sie salivatorische und motorische Reflexe durch Efferenzen zu anderen Hirnregionen initiieren (Schünke et al., 2018, S. 542). Bei Einatmung eines Duftes entsteht so das Gefühl, „dass einem das Wasser im Mund zusammenläuft“ (Schünke et al., 2018, S. 490). Die Funktion des Hypothalamus wurde bereits in Kapitel 2.3.2.1 beschrieben.

In der Amygdala und im orbitofrontalen Cortex werden olfaktorische Informationen psychisch verarbeitet. Hier findet die kurzzeitige, sensorisch-spezifische Bewertung der Sättigung statt. In diesem Areal sind außerdem die hedonischen Bewertungen von Geschmack, Geruch, Mundgefühl, Anblick sowie die Belohnungszentren vertreten (Rolls, 2019, S. 98). Diese Stimuli werden im orbitofrontalen Cortex kombiniert und vermitteln den Eindruck spezifischer Aromen. Durch die Lokalisierung in diesem Areal können nahrungsbezogene Stimuli als Belohnung oder Bestrafung bewertet werden. Sobald die sensorisch-spezifische Sättigung erreicht ist, sinkt der Belohnungswert einer Mahlzeit und leitet dadurch den Abbruch der Nahrungsaufnahme ein (Rolls, 2005, S. 53-54). Auf die sensorisch-spezifische Sättigung wird in Kapitel 3.4.3 näher eingegangen.

3.4.2 Verbindung zum Vegetativum

Odorantien wirken in der kephalen Phase der Magensaftsekretion. Die kephale Phase ist die erste Stufe der Verdauung und kann bereits durch die Vorstellung an Nahrung ausgelöst werden. In dieser Phase können sensorische Stimuli von Speisen gepaart mit Emotionen die Sekretion von Verdauungsenzymen bereits vor Beginn der Nahrungsaufnahme durch die Stimulation des Nervus vagus induzieren (Vaupel & Jänig, 2019, S. 497). Über die Axone des 3. Neurons der Riechbahn geben das mediale Vorderhirnbündel und der

Hypothalamus Impulse zur Sekretion von Verdauungssäften an den Hirnstamm weiter (Schünke et al., 2018, S. 490). Vom Nucleus dorsalis nervi vagi des Hirnstamms verlaufen efferente Fasern des Nervus vagus zu Brust- und Bauchorganen wie dem Magen, dem Herz und der Lunge (Schünke et al., 2018, S. 300f). Diese Afferenzen des Parasympathikus bewirken die Ausschüttung von Speichel und Magensäure und bereiten den Körper auf die Nahrungsaufnahme vor (Vaupel & Jänig, 2019, S. 497).

3.4.3 Die olfaktorische Dysfunktion

Eine intakte Olfaktorik ist nicht nur Grundlage für die Wahrnehmung des Aromas von Nahrungsmitteln, sondern steigert die Lebensqualität durch die Beeinflussung des Gemütszustands. Eine Dysfunktion des Systems, die oft bei Adipositaspatienten zu beobachten ist, kann daher mit einem Verlust an Freude sowie mit Depression und sozialer Isolation einhergehen. Dabei unterscheidet man zwischen hyposmischen Patienten, deren Geruchsvermögen eingeschränkt ist und anosmischen Patienten, die keinerlei Düfte wahrnehmen können (Patel, DelGaudio & Wise, 2015, S. 1).

Die Olfaktorik ist einer der Faktoren, die Hunger- bzw. Sättigungssignale induzieren bzw. beeinflussen können. Die Wirkkraft der olfaktorischen Wahrnehmung basiert zwar nicht auf ihrem singulären Einfluss, da sie Teil komplexer physiologischer Interaktionen ist, doch kann ihre Funktionsfähigkeit einen großen Beitrag zur Auswahl und Wahrnehmung von Lebensmitteln sowie zum Aufnehmen und Beenden von Mahlzeiten leisten. So implizieren Rolls & Rolls, dass nahrungsbezogene Gerüche im Verlauf der Nahrungsaufnahme neuronale Aktivitäten reduzieren (Rolls & Rolls, 1997, 471). Sun et al. verweisen diesbezüglich auf die sensorisch-induzierte Dämpfung des Cerebellums, welche zur Unterdrückung der Ghrelinaktivität bei normalgewichtigen Probanden führt. Ein Mangel an phasischer Unterdrückung des Ghrelins durch einen nahrungsassoziierten Duft bei Adipositaspatienten führt demnach zu einer verminderten Sättigungswirkung (Sun et al., 2016, S. 242). Eine derartige phasische Charakteristik kann auch bei der Olfaktorik beobachtet werden. Das Riechvermögen scheint sich in Zeiten des Fastens zu intensivieren, wohingegen es durch den Einfluss der Sättigung reduziert wird (Ulusoy et al., 2017, S. 644). Dadurch werden Nahrungskomponenten sensorisch als zunehmend weniger angenehm empfunden, wenn über die Sättigung hinaus gegessen wird. Rolls & Rolls beschreiben dies als „sensorisch-spezifische Sättigung“. Andere Nahrungskomponenten, die nicht vollends bis zum Erreichen der Sättigung verzehrt werden, bleiben sensorisch attraktiv. Sie fanden heraus, dass olfaktorische Reize – zumindest teilweise – die sensorisch-spezifische Sättigung auslösen, selbst wenn die Nahrung nur für eine Weile im Mund behalten wird und

nicht den gastrointestinalen Trakt passiert (Rolls & Rolls, 1997, S. 469). Geruchseindrücke können somit das Essverhalten beeinflussen und zum rechtzeitigen Beenden einer Mahlzeit beitragen. Eine Desensibilisierung gegenüber olfaktorischen Reizen könnte dagegen zu einer Veränderung der Geschmacksvorlieben und zur Disinhibition des Essverhaltens führen (Kindleysides et al., 2017, S. 16). Dies steht im Einklang mit Beobachtungen über süße Gerüche. Diese werden als intensiver wahrgenommen, wenn sie mit süßer Nahrung kombiniert werden als ohne Nahrung (Stevenson, Brookes & Wilson, 2000, S. 438).

Es wird außerdem vermutet, dass durch manifeste Adipositas Veränderungen im orbitofrontalen Cortex erzeugt werden. Diese erhöhen die Sensitivität und Präferenzen für Düfte mit einem Bezug zu hochkalorischer Nahrung und könnten eine übermäßige Nahrungszufuhr unterstützen (Stafford & Whittle, 2015, 282-283).

Um diesem Teufelskreis zu entkommen, könnte die BO als Unterstützung dienen. Ein systematischer Review beleuchtete diesbezüglich sensorische Veränderungen, die nach einer BO auftreten. Die Ergebnisse des Reviews werden in Abb. 10 zusammenfassend dargestellt. Anhand der Abbildung wird deutlich, dass postoperativ eine olfaktorische Resensibilisierung und Modifikationen der sensorischen Präferenzen stattfand. Die sensorischen Veränderungen äußerten sich insofern, dass mehr als ein Drittel an Probanden innerhalb von 36 Monaten nach einem RYGB von einer Veränderung des Riechvermögens berichteten. Insbesondere die Wahrnehmung fettiger, süßer und fleischhaltiger Lebensmittel hätte sich verändert. Zudem zeigten SG-Patienten eine stetige Verbesserung der Olfaktorik (gemessen durch *Sniffin´ Sticks*) innerhalb von 6 Monaten nach der OP. Des Weiteren verbesserte sich die Olfaktorik signifikant, je stärker der BMI dem Normalgewicht entgegengestrebte und 70% aller hyposmischen Patienten (RYGB und SG) zeigten postoperativ eine Normalisierung des Riechvermögens. Bezüglich der Hedonik berichteten RYGB-Patienten von einer geringeren Präferenz der Konzentration an Sucrose in einer Lösung.

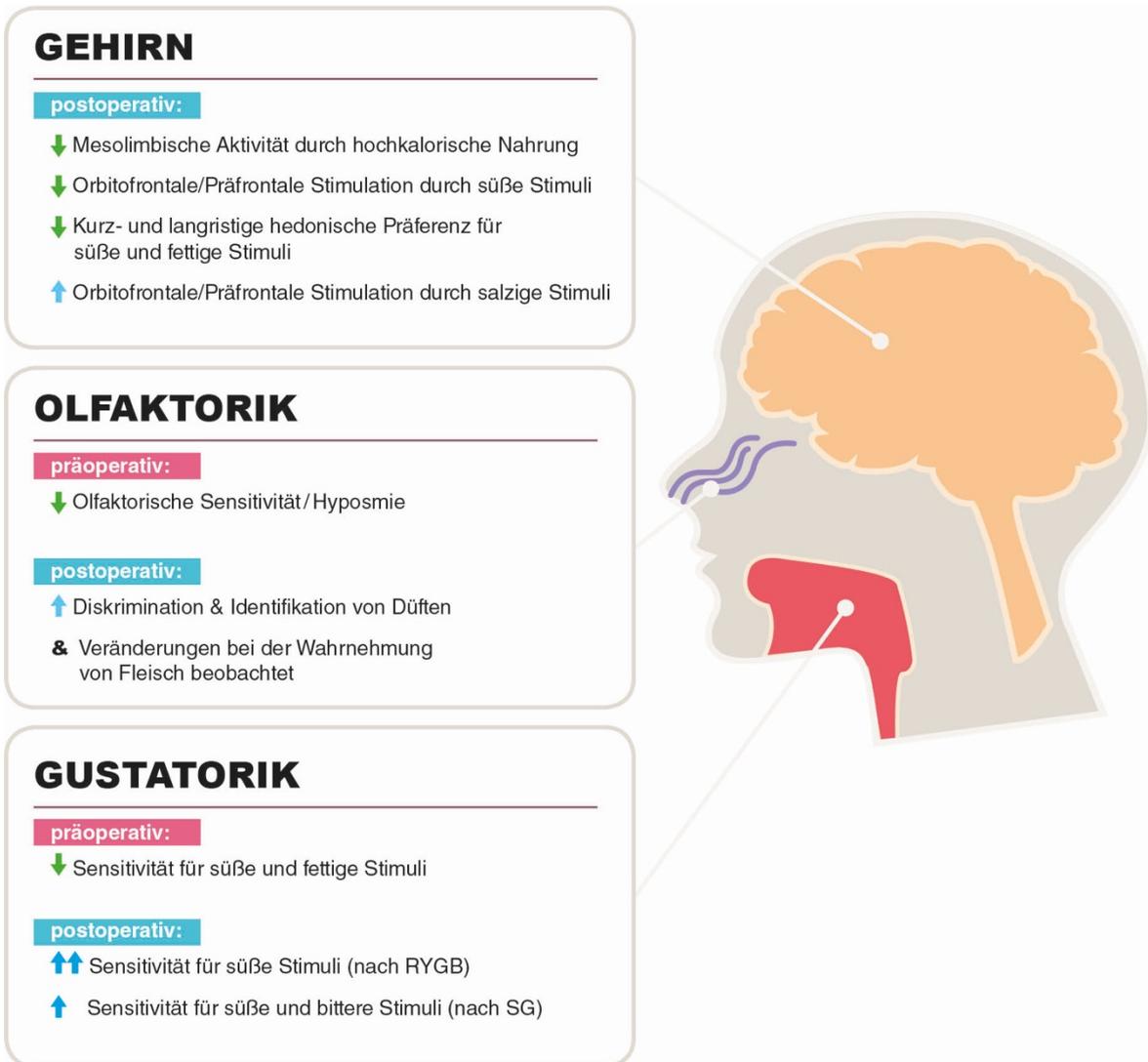


Abb. 10: Sensorische Veränderungen infolge einer bariatrischen Operation
(Ahmed et al. 2018 S. 3329 eigene Darstellung)

Bariatrische Patienten wurden außerdem mit Probanden verglichen, die ihr KG durch konventionelle Maßnahmen reduzieren konnten. Diese Maßnahmen erzeugten keine signifikante Verbesserung und in manchen Fällen eine Zunahme für die Präferenz bestimmter Sucrose-Konzentrationen. Die bariatrisch-behandelten Probanden empfanden dagegen süßschmeckende Stimuli als unangenehm. Dasselbe gilt für fettige Lösungen bei RYGB-Patienten. Um die neurophysiologischen Veränderungen besser zu verstehen, wurden fMRT (funktionale MRT) durchgeführt. Dabei konnte eine signifikant reduzierte Antwort der mesolimbischen Pfade als Antwort auf Bilder von hochkalorischer Nahrung aufgezeichnet werden. Außerdem war ein geringeres Aktivitätslevel entlang der Belohnungspfade als Antwort auf hochkalorische im Vergleich zur niederkalorischen Nahrungsstimuli zu verzeichnen. Vor dem bariatrischen Eingriff konnte im Belohnungszentrum eine hohe Aktivität im Zusammenhang mit süßen Stimuli beobachtet werden. Postoperativ nahmen die

Aktivitäten im orbifrontalen und präfrontalen Cortex ab, sodass ein Jahr nach der BO im linken präfrontalen Cortex eine signifikant schwächere Antwort zu erkennen war. Die fMRT-Aufzeichnungen trugen zum Verständnis darüber bei, warum die Probanden postoperativ angaben, weniger Vergnügen beim Essen zu verspüren. Alles in allem haben sich durch die BO intrinsische Veränderungen ergeben, die bei den Probanden eine verminderte Präferenz für süße Stimuli erzeugen und ihre Riechsensitivität verstärken (Ahmed et al., 2018, S. 3327-3329).

Um diese Erkenntnisse mit der Funktion des ANS in Einklang zu bringen, wird hier die Bachelorarbeit von Muscate hinzugezogen. Diese konnte zeigen, dass die HF-Leistung unter Einwirkung von Odorantien mit dem Hunger der Versuchsteilnehmer korrelierte. Eine Zunahme der RSA war in interdigestiven Phasen zu beobachten. Postprandial stieg dagegen die sympathische Aktivität. Mit zunehmendem BMI ließen diese Effekte jedoch nach. Demzufolge haben nahrungsbezogene Gerüche einen geringeren Effekt auf die HRV adipöser als auf die HRV normalgewichtiger Personen. Dies lässt auf einen Verlust vagaler Reaktivität auf olfaktorische Reize schließen und könnte eine ungezügeltere Nahrungsaufnahme durch mangelnde homöostatische Kontrolle fördern (Muscate, 2017, S. 55-57).

Ob sich dieser Effekt auf die autonome Steuerung des Herzens infolge einer olfaktorischen Umstellung abbilden lässt, soll anhand der im Folgenden präsentierten Studie gezeigt werden, die Grundlage dieser Bachelorarbeit ist.

4 Studie

Im Vorfeld wurde der Ethikkommission der HAW ein Ethikantrag zu der vorliegenden Studie vorgelegt (Abb. 41). Dieser wurde als unbedenklich eingestuft (Abb. 42). Die Studie wurde daraufhin im Zeitraum vom 17.06.2019 bis zum 27.02.2020 durchgeführt. Sie beinhaltet die Untersuchung von 16 Adipositaspatienten an zwei Versuchstagen jeweils präoperativ und drei Monate nach einer BO. Der erste Versuchsdurchlauf (V1) fand im Zuge der Patientenschulung statt, welche 2-4 Wochen vor der Operation von einem der ansässigen Ernährungstherapeuten durchgeführt wurde. Der zweite Versuchsdurchlauf (V2) wurde mit der Drei-Monats-Nachsorge nach der Operation kombiniert. Für die Auswertung standen die Daten von 13 Probanden zur Verfügung.

4.1 Probanden

Die Patienten dieser Studie waren im Rahmen einer elektiven BO im Adipositaszentrum des Asklepios Westklinikums Hamburg in Behandlung. Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte über die persönliche Ansprache vor Ort und telefonisch im Rahmen eines betrieblichen Praktikums. Es erfolgte keine Aufwandsentschädigung. Insgesamt nahmen 16 Probanden – davon 5 Männer und 11 Frauen – im Alter von 26-59 Jahren teil. Der BMI der Teilnehmer lag zwischen 38,2 und 68,7 kg/m². Bei elf der Probanden erfolgte eine SG und bei zwei Probanden ein RYGB. Die im Folgenden vorgestellten Daten wurden den beantworteten Fragebögen der Probanden entnommen. Weiterführende Informationen (z. B. anthropometrische Daten, Laborwerte etc.) wurden über das interne Netzwerk des Asklepios Westklinikums bezogen.

Die Teilnehmer wurden nach folgendem Schema mit aufsteigender Nummerierung anonymisiert gekennzeichnet: *Olf-019-0XX*. Ursprünglich wurden 27 Probanden untersucht. An dieser Stelle sei jedoch zu beachten, dass die ersten drei Teilnehmer (*Olf-019-001*, *Olf-019-002* und *Olf-019-003*) von der Auswertung ausgeschlossen wurden, da zu diesem Zeitpunkt noch kein Riechtest/Identifikationstest durchgeführt wurde. Die Nummerierung beginnt daher mit der Probandenbezeichnung *Olf-019-004*. Die Datenerhebung von acht weiteren Fällen konnte aufgrund der COVID-19-Pandemie nicht abgeschlossen werden (Tab. 6), sodass zum V1 die Daten von 16 Probanden zur Verfügung standen.

4.1.1 Ausschlusskriterien

Ursprünglich wurden Patienten ausgeschlossen, auf die folgende Kriterien zutreffen:

- BMI \leq 35 kg/m²
- T2DM
- Anosmie
- Heuschnupfen
- Asthma
- Alkoholabusus
- diagnostizierte Depression oder andere diagnostizierte neurologische oder psychiatrische Erkrankungen
- Migräne
- Schwangerschaft
- Einnahme von Hypertonika

Kurz nach Beginn der Studie wurde ersichtlich, dass die Kriterien – „T2DM“ und/oder „Einnahme von Hypertonika“ – auf die meisten der behandelten Patienten zutraf. Wie in der *Interdisziplinären Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas“* erwähnt wird, sind T2DM und Hypertonie typische Folgeerkrankungen der Adipositas (DAG, 2014, S. 19f.). Daher wurden diese Probanden dennoch in die Studie einbezogen. Jeweils zwei Probanden gaben zudem an, unter Depressionen und neurologischen und/oder psychiatrischen Erkrankung zu leiden. Da es sich hierbei nicht um ärztlich gesicherte Diagnosen handelte, führten diese Kriterien letztendlich nicht zum Ausschluss aus der hier präsentierten Studie.

4.1.2 Begleiterkrankungen und Lebensweise

Die Patienten machten folgende Angaben:

- Vier der Teilnehmer litten an T2DM. Davon wurden drei Probanden medikamentös behandelt. Insgesamt litten acht Patienten nach eigenen Angaben an Hypertonie. Sechs dieser Patienten wurden medikamentös behandelt. Ein Patient gab an, nicht an Hypertonie zu leiden, wurde aber dennoch mit blutdrucksenkenden Mitteln behandelt. Eine vollständige Liste der regelmäßig eingenommenen Medikamente und/oder Nahrungsergänzungsmittel der Probanden ist beigefügt (Tab. 7).
- Fünf Patienten gaben an, allergisch auf diverse Lebensmittel zu reagieren. Zu diesen gehören Zimt, Schalentiere, Nüsse, bestimmte Obstsorten, Paprika, Soja und Karotten.

- Sechs Teilnehmer haben früher geraucht, drei der Patienten rauchen derzeit noch.
- Zwölf Teilnehmer gaben an, nachts zu schnarchen und vier berichteten davon, an einem Schlafapnoe-Syndrom zu leiden.
- Elf der Probanden treiben 0-1 mal, vier 2-3 mal und einer 4-5 mal/Woche Sport.
- Eine Probandin hat eine Herzerkrankung und wurde bereits am Herzen operiert.
- Keiner der Probanden berichtete im Vorfeld davon, an einem verminderten Riechvermögen oder einer Anosmie zu leiden.

4.1.3 Geschmackspräferenzen

Fünf der Patienten gaben an, sich bei einem leckeren Duft nur schwer vom Essen (insb. bei süßen Lebensmitteln und Bratwurst) zurückhalten zu können. Bei der Frage nach den Geschmacksvorlieben gaben sechs Teilnehmer an, Süßes zu bevorzugen, neun der Teilnehmer essen dagegen lieber Herzhaftes. Ein Teilnehmer hat keine spezielle Vorliebe für eine der beiden Optionen.

4.1.4 Drop-Out-Rate

Von den 16 untersuchten Probanden sind zwei aus eigenem Willen vorzeitig ausgeschieden und eine Teilnehmerin musste aufgrund ihrer Schwangerschaft von der Teilnahme am zweiten Versuchsdurchlauf ausgeschlossen werden. Somit konnten letztendlich die Ergebnisse von 13 Probanden ($n = 13$) bei der Auswertung berücksichtigt werden.

4.2 Versuchsaufbau

Vor Beginn des Versuchs wurde eine vier-Kanal-Messung mithilfe der Datenaufzeichnungs- und Analysehardware des Herstellers *BIOPAC Systems Inc.* angelegt (Channel 1 Input: Elektrokardiogramm; Channel 2 Input: Respiration; Channel 3 Input: Pulsplethysmographie; Channel 4 Input: Elektrodermale Aktivität) und diese mit der Software *Biopac Student Lab Pro* verbunden. In dieser Arbeit wurden lediglich die Daten des EKGs ausgewertet. Des Weiteren wurden Riechsticks, Fragebögen und Elektroden sowie Einweghandschuhe zur Handhabung der Riechsticks vor Ankunft des jeweiligen Teilnehmers bereitgelegt und einmalig ein fester Atemrhythmus von 12 Atemzügen pro Minute (0.2 Hz) über die App *HRV Breathing Rhythms* programmiert. Der vorgegebene Rhythmus sollte gewährleisten, dass eine erwartete respiratorische Sinusarrhythmie im vagal-vermittelten HF-Band (0.15-0.4 Hz) und nicht vornehmlich im sympathisch-vermittelten LF-Band (0.04-0.15 Hz) liegt.

Der Versuch wurde in einem gut belüfteten Raum des Asklepios Westklinikums Rissen durchgeführt. Zur Erfassung des EKGs wurden drei Elektroden nach dem Prinzip der Ableitung nach Einthoven sowohl kurz unterhalb des rechten Schlüsselbeins als auch jeweils am rechten und linken Unterbauch der Probanden befestigt. Den vorgegebenen Atemrhythmus erhielten die Teilnehmer über Noise-Cancelling-Kopfhörer (Abb. 11).

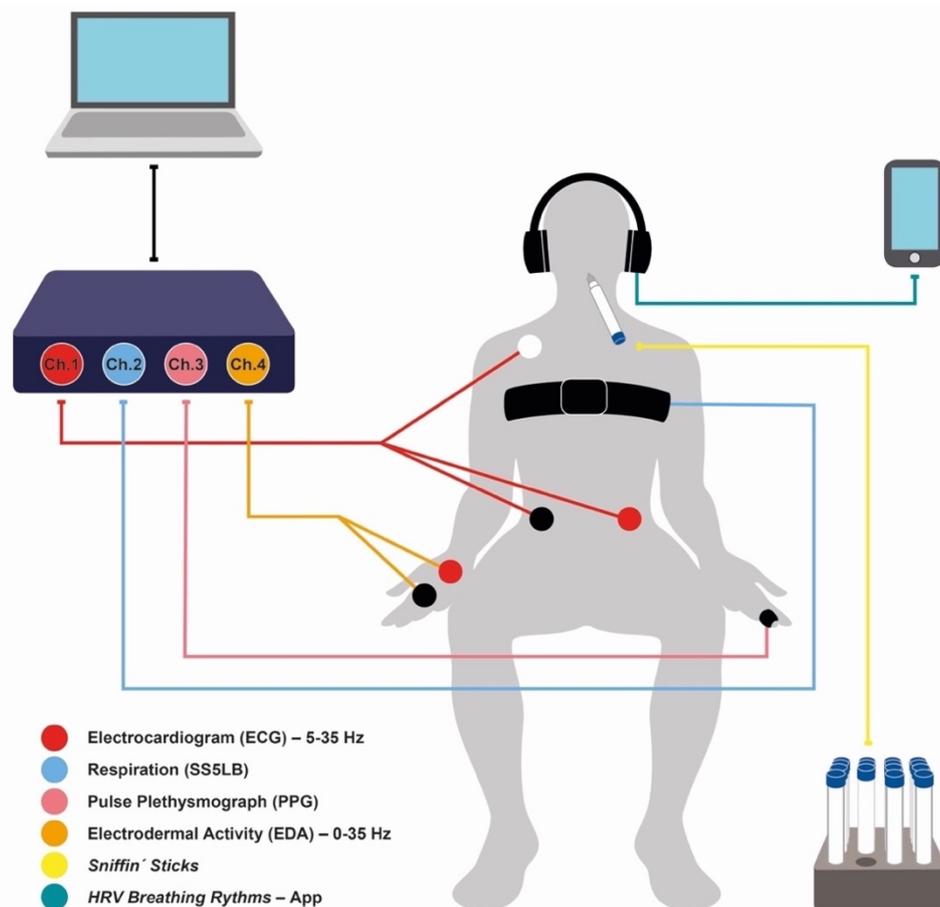


Abb. 11: Schematischer Versuchsaufbau (eigene Darstellung)

4.3 Durchführung

Die Versuche begannen nach einer 10-15-minütigen Ruhephase der Teilnehmer im Sitzen. In dieser Zeit wurde der Ablauf des Versuchs erläutert. Zudem wurden die Teilnehmer gebeten, mind. 30 Minuten vor Beginn des Versuchs nicht zu essen oder Kaugummi zu kauen.

An V1 wurden die Teilnehmer zunächst aufgefordert, den Fragebogen zur Qualifikation (Abb. 31) und einen der geschlechterbezogenen Fragebögen zu V1 (Abb. 32 und Abb. 33) auszufüllen. Unklarheiten wurden persönlich mit den Teilnehmern geklärt.

Um eine mögliche Veränderung des Riechvermögens infolge der BO festzuhalten, wurde ein von Holinski et al. vorgestelltes Versuchsdesign aus dem Jahre 2015 genutzt. An diesem konnte bereits gezeigt werden, dass sich das olfaktorische Diskriminationsvermögen infolge einer BO verbessert (Holinski et al., 2015, S. 2319). Das Riechvermögen der Probanden wurde demnach beidseitig anhand einer – als Medizinprodukt zugelassenen – Testbatterie mit 16 Riechstiften (*Sniffin´ Sticks*) der Firma *Burghart Messtechnik* getestet (Tab. 8). Für die Testung wurden jeweils die Verschlusskappen entfernt und die Riechstifte den Teilnehmern im zeitlichen Abstand von 30 Sekunden ca. 2 cm von der Nase entfernt für jeweils 3-5 Sekunden präsentiert. Es wurden jeweils 4 Antwortmöglichkeiten für jeden der 16 Düfte zur Verfügung gestellt (Abb. 37). Die Probanden wurden gebeten, die Option zu wählen, die ihrer Meinung nach auf den wahrgenommenen Odorant zutraf. Für zwei der Teilnehmer wurden diese Optionen zur Vermeidung von Verständigungsschwierigkeiten ins Russische übersetzt.

Im Anschluss an den Riechtest wurden den Probanden das EKG, der Atemgurt, der Pulsmesser und der Hautwiderstandsmesser angelegt. Die Kanäle wurden daraufhin erneut geprüft und die Teilnehmer gebeten, einen bequemen Sitz einzunehmen. Nach Erläuterung des Atemrhythmus´ von 12 Atemzügen/Min., der über die App *HRV Breathing Rhythms* kommuniziert wurde, wurden den Teilnehmern die Kopfhörer aufgesetzt und für ein paar Sekunden beobachtet, ob der Patient die eigene Atmung an den vorgegebenen Atemrhythmus anpassen kann. Danach wurde mit der Datenaufzeichnung begonnen. Während der 6-minütigen Messperiode wurden den Teilnehmern vier ausgewählte Nahrungs- und nicht-nahrungsbezogene der verfügbaren 16 Odorantien (Odor 01: Birne; Odor 02: Flieder; Odor 03: Geräuchertes; Odor 04: Karamell) in den unten genannten Zeitabständen (Abb. 12) wie zuvor unter die Nase gehalten. Eine 45-sekündige Pause zwischen den Düften diente der Vermeidung olfaktorischer Adaptation durch die Duftexposition. Nach Ablauf von 6 Minuten wurde der Versuch beendet. V2 erfolgte nach demselben Ablaufschema mit dem Unterschied, dass die Probanden einen der geschlechterbezogenen Fragebögen zum V2 ausgefüllt haben (Abb. 34 und Abb. 35).

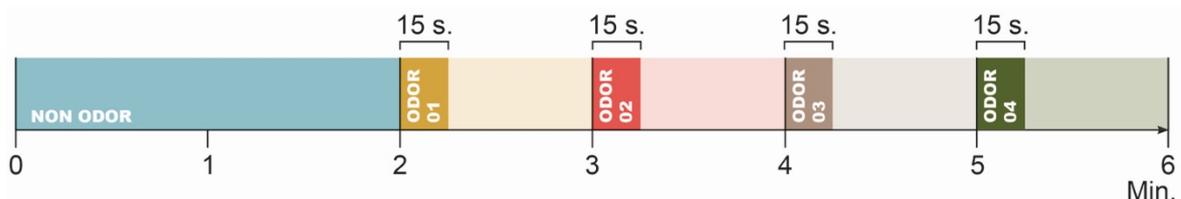


Abb. 12: Zeitlicher Ablauf der Probengabe (eigene Darstellung)

4.4 Datenaufbereitung und -auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgt über die Software SPSS. Grundsätzlich wurden die Datensätze (KG- bzw. BMI-Veränderung, Riechtest, Skalenfragen und HRV-Kennwerte) durch den Shapiro-Wilk-Test auf Ausreißer und Normalverteilung (NV) geprüft. Bei Verletzung der NV wurde die Differenz der Daten erneut auf NV geprüft. Des Weiteren wurde anhand eines Probanden beispielhaft die umfassende Veränderung der BO auf das KG, die HRV und die Olfaktorik erläutert. Dazu werden außerdem das RR-Intervall-Tachogramm und die Herzrhythmuschwankung näher betrachtet.

4.4.1 Physiologische Parameter

Zu Beginn der Auswertung wird die Gewichtsveränderung der Probanden anhand der Einteilung in BMI-Kategorien vor und nach der BO vorgestellt. Anschließend wird die Veränderung des KG statistisch anhand eines t-Tests ausgewertet.

Der Riechtest wurde anhand des Identifikationstest-Diagramms der Firma *Burghart Messtechnik* ausgewertet (Abb. 36). Werden vom Probanden weniger als 11 der 16 Düfte erkannt, liegt eine olfaktorische Dysfunktion vor. Zur statistischen Auswertung mittels t-Test wurden die Daten in Prozentsätze umgewandelt (16 = 100%). Zudem wurden alle Daten, die zwischen zwei Kategorien liegen, der nächsthöheren Kategorie zugeordnet (z. B. 11 = Normosmie/Hyposmie → Normosmie).

Die Daten der EKG-, Atemgurt-, Pulsplethysmographie- und Hautwiderstandsmessung wurden in das HRV-Programm *Kubios HRV Premium (Version 3.3.1)* überführt. Mit der Software lassen sich aufgezeichnete RR-Intervalle, wie bereits erwähnt, aus der *Biopac Student Lab Software* in HRV-Kennwerte des Zeit-, Frequenz-, nonlinearen und zeitvariablen Bereichs übersetzen. Um Artefakte zu beheben, die während der Messung durch Muskelbewegungen entstanden sind, wurde die automatische Korrektur der Software angewendet. Für jeden Datensatz wurden zuvor die entsprechenden anthropometrischen Daten angelegt und die Kubios-Preferences angepasst (Tab. 9). Bei der Auswertung des V2 wurde das veränderte KG beachtet. Insgesamt wurden zwei zweiminütige Perioden aus der Gruppierung von jeweils zwei Odor-Perioden (*single samples 1+2 und single samples 3+4*) eine vierminütige Periode aus der Verknüpfung aller Odor-Perioden (*merged samples*), eine zweiminütige Non-Odor-Periode (*non odor*) sowie eine Auswertung der gesamten sechsminütigen Messperiode (*all merged*) erstellt (Abb. 13).

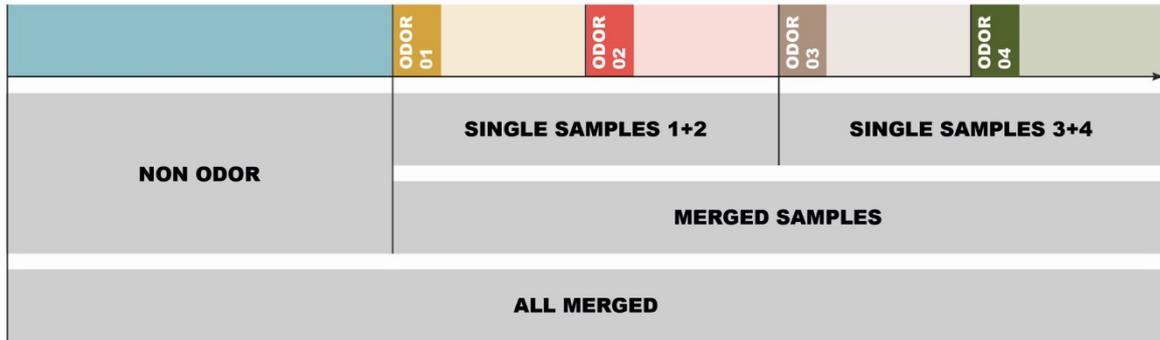


Abb. 13: Zusammensetzung der stim-Perioden (eigene Darstellung)

Die Ergebnisse wurden als Matlab-, Text- und PDF-Dateien gespeichert. Anschließend wurden die erhobenen Daten der relevanten HRV-Parameter (Tab. 3) aus den Textdateien in Excel überführt. Die SDNN-Werte wurden den PDF-Dateien entnommen. Zur Prüfung auf signifikante Unterschiede bzgl. der Verbesserung der HRV-Parameter wurden 2x2-ANOVA mit Messwiederholungen (repeated-measures ANOVA /rmANOVA) für die Variablen des Zeitbereichs (*Mean RR*, *Mean HR*, *SDNN*, *RMSSD* und *pNN50*), des Frequenzbereichs (*logLF Power*, *logHF Power* und *logLF/HF-Ratio Power*), des non-linearen Bereichs (*SD1* und *SD2*) und der *PNS*-, *SNS*- und *Stress-Indizes* mit SPSS berechnet. Um auf eine signifikante Korrelation der olfaktorischen Resensibilisierung und der HRV zu prüfen, wurde als Zwischensubjektfaktor die *Response* gewählt (Responder (1) = Verbesserung des Riechvermögens; Non-Responder (2) = keine Veränderung oder Verschlechterung des Riechvermögens). Als Innersubjektfaktor dient die *session* (V1 und V2) mit der Faktorstufe *stim* (*non odor* und *merged samples* sowie *single samples 1+2* (Mittelwerte) und *single samples 3+4* (Mittelwerte)) für die Berechnung der 2x2-ANOVA. Anschließend wurden alle Haupt- und Interaktionseffekte mit einem Signifikanzniveau $p < 0,1$ mithilfe eines gepaarten t-Tests (oder ggf. Wilcoxon-Test) auf signifikante Unterschiede untersucht.

4.4.2 Psychologische Parameter

Die Fragen 1-5 der Fragebögen zu den Versuchstagen (Abb. 32, Abb. 33, Abb. 34 und Abb. 35) wurden anhand eines gepaarten t-Tests (bei Verletzung der NV der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) auf signifikante Veränderungen zwischen V1 und V2 untersucht. Zudem erfolgte eine qualitative Zusammenfassung aller Antworten des Fragebogens zum V2 auf die Fragen 6-9.

Im Verlauf dieser Studie wurden zudem diverse Daten (Geschlecht, Tabakkonsum etc.) gesammelt, die nicht in die Auswertung eingeflossen sind, um den Umfang der Arbeit nicht zu überschreiten.

5 Ergebnisse

Die Datensätze beinhalten leichte und extreme Ausreißer. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs werden dennoch alle Daten in die Auswertung einbezogen. Gemäß des Shapiro-Wilk-Tests sind einige der Daten nicht normalverteilt und werden alternativ durch den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bewertet.

5.1 Veränderung des Körpergewichts

Vor der BO wiesen 12 Teilnehmer (92,3%) einen BMI ≥ 40 kg/m² auf und fielen somit in die Kategorie Adipositas Grad III. Lediglich ein Teilnehmer (7,69%) litt an Adipositas Grad II. Nach der BO konnten 2 Patienten (15,4%) ihren BMI um eine Kategorie verringern und 3 Patienten (23,1%) verringerten ihren BMI um zwei Kategorien (Abb. 14).

Es besteht ein geringfügiger Unterschied der Signifikanz der Gewichtsreduktion zwischen den Respondern ($Z = -2,521$; $p = 0,012$) und den Non-Respondern ($Z = -2,023$; $p = 0,043$). Trotz NV der Non-Responder-Daten wurde auf beide Gruppen der Wilcoxon-Test angewendet, um diese besser miteinander vergleichen zu können.

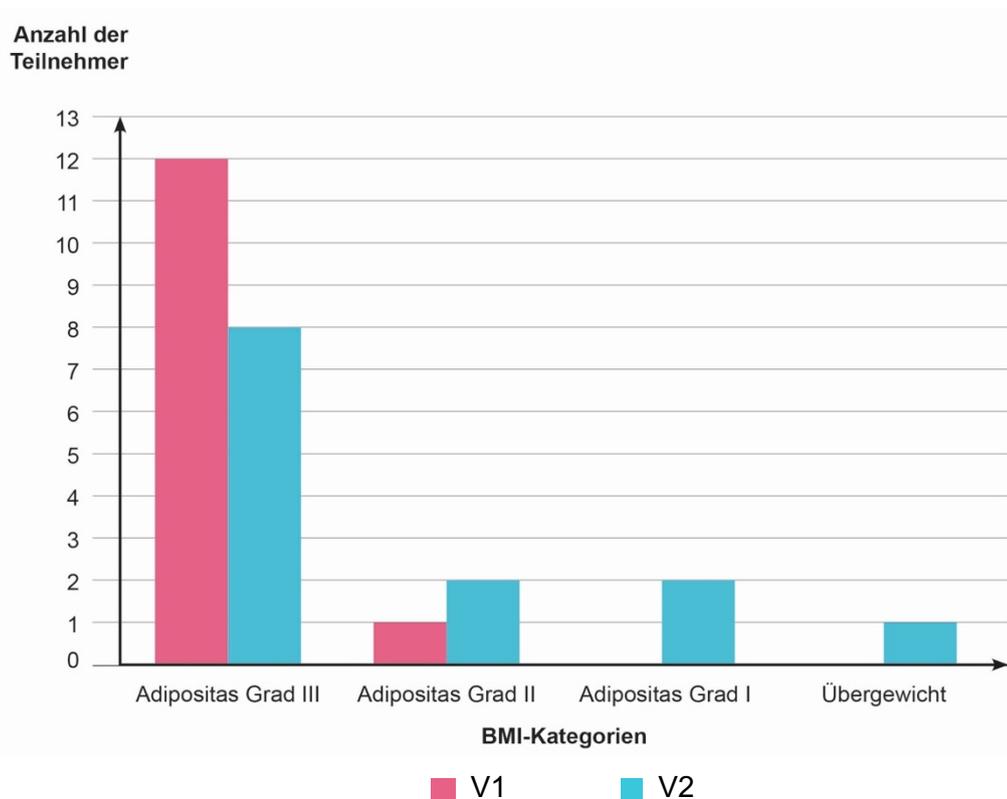


Abb. 14: Einteilung der Probanden in BMI-Kategorien an beiden Versuchstagen

Es wurden die Mittelwerte der BMIs aller Probanden jeweils vor und nach der OP berechnet. Der BMI konnte im Durchschnitt um 10,2 kg/m² (19,5%) und somit signifikant verringert werden (T = 9,410; p = 0,001) (Abb. 15).

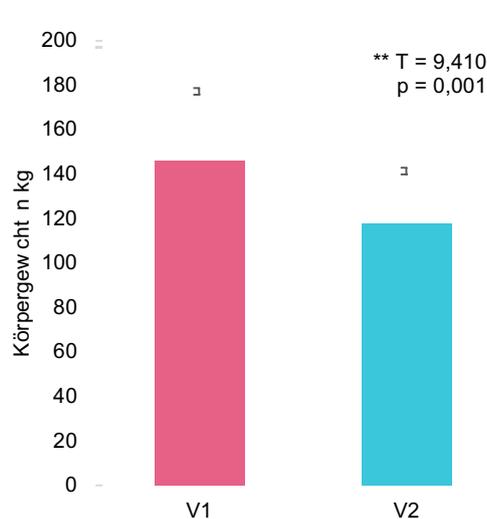


Abb. 15: Durchschnittliches Körpergewicht der Probanden im Vorher/Nachher-Vergleich Angegeben sind jeweils der Mittelwert (V1 = 146,1 kg; V2 = 117,6 kg) und die Standardabweichung.

5.2 Veränderung der Olfaktorik

Die Ergebnisse des Riechtest sind in Abb. 16 anhand eines Identifikationstest-Diagramms dargestellt. Präoperativ liegen neun Probanden (69,2%) im Bereich der Normosmie. Einer der 13 Probanden (7,69%) befand sich an der Grenze zwischen Hyposmie und Normosmie. Ein weiterer (7,69%) litt an einer Hyposmie, Ein Proband (7,69%) befand sich an der Grenze zwischen Hyposmie und Anosmie und ein Patient (7,69%) litt an einer Anosmie. Insgesamt weist dies präoperativ bei 30,8% der Probanden auf eine olfaktorische Fehlfunktionen hin.

Postoperativ hat sich die Riechsensitivität von acht Probanden (61,5% = Responder) verbessert. Bei einem der Probanden (7,69% = Non-Responder) zeigte sich keinerlei Veränderung und vier Probanden (30,8% = Non-Responder) wiesen eine geringfügige Verschlechterung des Riechvermögens auf. Nach dem chirurgischen Eingriff konnte bei 12 Probanden (92,3%) eine Normosmie festgestellt werden. Ein Proband (7,69%) wies noch immer eine Anosmie auf, zeigte jedoch Ansätze einer olfaktorischen Resensibilisierung. Somit liegt präoperativ zu postoperativ ein Proband (7,69%) mehr innerhalb der altersabhängigen Normwerte (90.Perzentile).

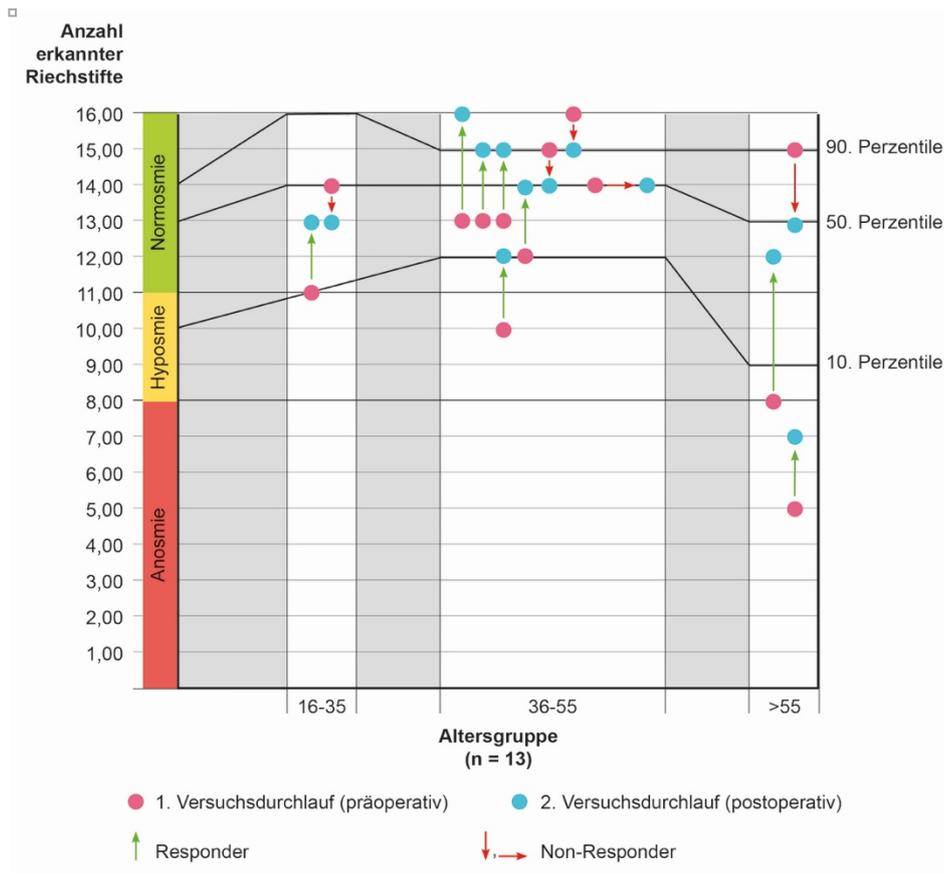


Abb. 16: Riechstifterkennung prä- und postoperativ



Abb. 17: Durchschnittliche Ergebnisse der Riechtests an beiden Versuchstagen Es wurden die Mittelwerte der jeweils richtig erkannten Anzahl an Riechstiften an beiden Versuchstagen berechnet (V1 = 12,2; V2 = 13,3) und die Standardabweichung angegeben.

Bei 16 Riechstiften, die von 13 Probanden erkannt werden konnten, ergibt sich eine Summe von 208 (100%) richtig auszuwählenden Düften. Vor der OP wurden insgesamt 159 (76,4%) Düfte richtig erkannt. Nach der OP konnten 173 (83,2%) korrekt erfasst werden. Das

Riechvermögen, gemessen an der Erkennung von Sniffin´ Sticks, wurde somit insgesamt um 6,8% gesteigert und die Ergebnisse des Identifikationstests nach Wilcoxon sprechen für eine signifikant verbesserte Olfaktorik ($Z = -2,243$, $p = 0,025$) (Abb. 17).

5.3 Veränderung der HRV-Parameter

Die Veranschaulichung der *single samples 1+2*- und *single samples 3+4*-Perioden durch die zeitvariable Methode ist aufgrund der bereits genannten zeitbezogenen Limitation der Methode nicht möglich. Es wurden daher Spektralanalysen über die gesamten Messperioden von sechs Minuten erstellt. Die Probanden *Olf-019-005*, *Olf-019-006*, *Olf-019-007*, *Olf-019-008*, *Olf-019-009*, *Olf-019-010*, *Olf-019-015* und *Olf-019-018* weisen an V2 sichtbar höhere Synchronisationen der kardio-vagalen Balance mit der Atmung auf als an V1 (Abb. 38).

Für die weitere Einschätzung der Wandlung der HRV wurden die Mittelwerte aller HRV-Parameter gebildet und die des V1 mit denen des V2 verglichen. Insgesamt ist eine Erhöhung der parasympathischen und eine Verringerung der sympathischen Aktivität zu beobachten (Abb. 18). Es liegt ein signifikante Leistungsänderung im Session-Vergleich aller HRV-Parameter bis auf den *logLF/HF-Ratio Power* vor. Laut t-Test haben sich die Werte *Mean HR*, *Stress Index*, *logHF Power* und *logLF Power* hochsignifikant verändert (*Mean HR*: $T = 8,569$, $p = 0,001$; *Stress Index*: $T = 3,950$, $p = 0,002$; *logHF Power*: $T = -3,762$, $p = 0,003$; *logLF*: $T = -6,958$, $p = 0,001$). Im Durchschnitt wurden die *Mean HR* um 14,03 bpm und der *Stress Index* um 9,28 gesenkt. Der *logHF Power* wurde um 1,57 und der *logLF Power* um 1,12 erhöht. Laut Wilcoxon-Test, haben sich die Parameter *PNS Index*, *SNS Index*, *Mean RR*, *RMSSD*, *SDNN*, *pNN50*, *SD1* und *SD2* ebenfalls hochsignifikant verändert (*PNS Index*: $Z = -3,180$, $p = 0,001$; *SNS Index*: $Z = -3,180$, $p = 0,001$; *Mean RR*: $Z = -3,180$, $p = 0,001$; *RMSSD*: $Z = -3,110$, $p = 0,002$; *SDNN*: $Z = -3,180$, $p = 0,001$; *pNN50*: $Z = -2,380$, $p = 0,017$; *SD1*: $Z = -3,110$, $p = 0,002$; *SD2*: $Z = -2,691$, $p = 0,007$). Im Durchschnitt hat sich der *SNS Index* um 2,43 verringert. Der *PNS Index* hat sich um 1,66, der *Mean RR* um 151,63 ms, der *RMSSD* um 33,38 ms, die *SDNN* um 22,75 ms, der *pNN50* um 18,24 %, die *SD1* um 25,55 ms und die *SD2* um 19,99 ms erhöht.

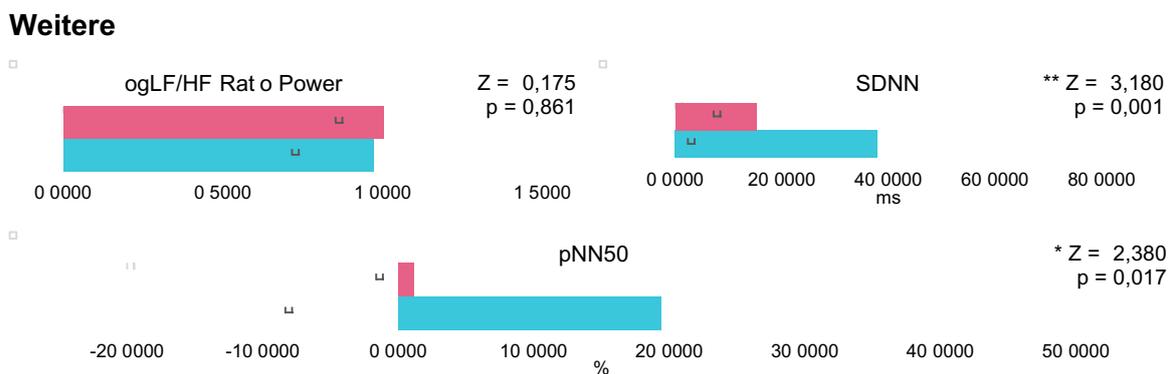
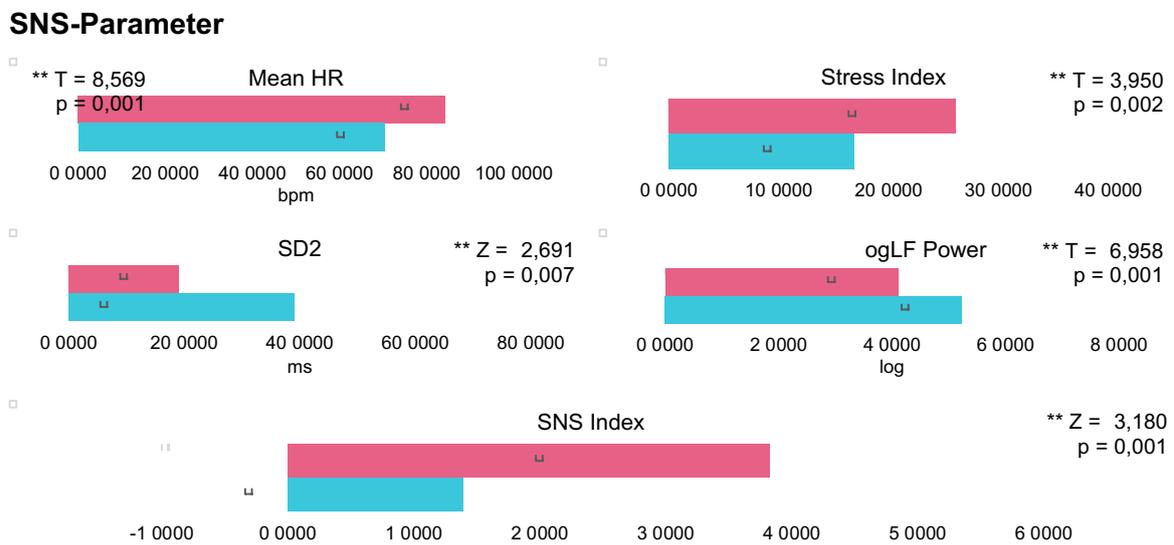
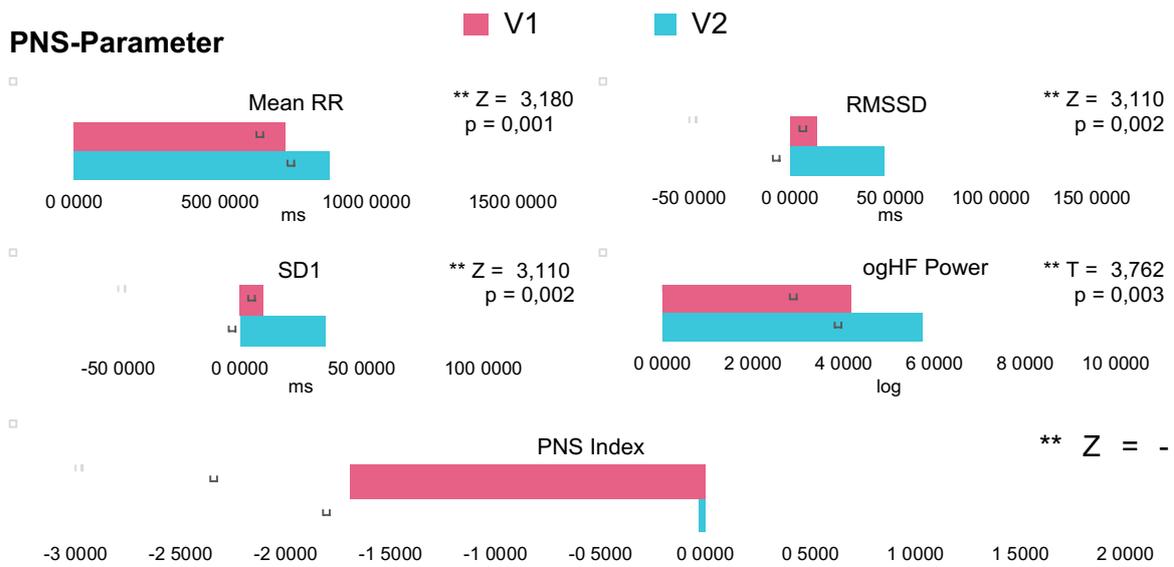


Abb. 18: HRV-Parameter im Vorher/Nachher-Vergleich. Es wurden die sechs wichtigsten Messparameter (all merged) des V1 und V2 gegenübergestellt. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen.

5.3.1 PNS-Parameter

Es liegen ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf den *Mean RR* vor ($F = 36,005$; $p = 0,001$) und signifikante Leistungsänderungen in beiden Faktorstufen *non odor* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) und *merged samples* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$). Die Steigerung des *Mean RR* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 152 ms in der *non odor*- und 151 ms in der *merged samples*-Periode.

Es liegen hochsignifikante Haupteffekte der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) ($F = 38,582$; $p = 0,001$) und der *stim* ($F = 6,584$; $p = 0,026$) auf den *Mean RR* vor. Die Leistungen der beiden Faktorstufen *single samples 1+2* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) und *single samples 3+4* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) haben sich hochsignifikant verändert (Abb. 19). Die Steigerung des *Mean RR* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 155,3 ms in der *single samples 1+2*- und 147,9 ms in der *single samples 3+4*-Periode.

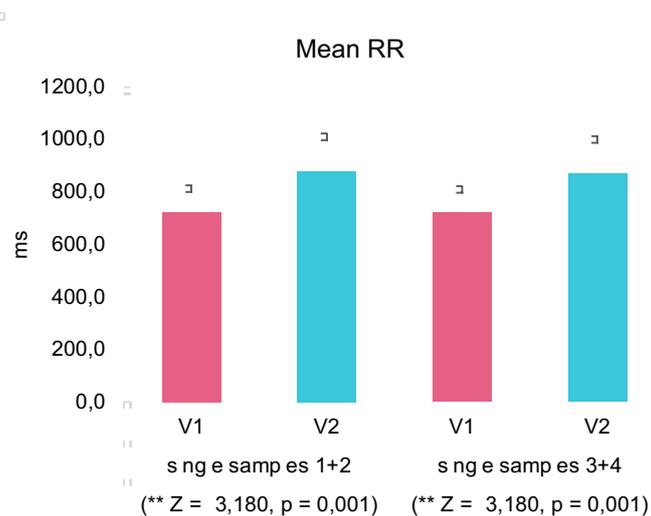


Abb. 19: *Mean RR* im Vorher-/Nachher-Vergleich Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der *single samples 1+2*- und *single samples 3+4*-Perioden.

Es liegt ein marginal signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf den *RMSSD* vor ($F = 3,815$; $p = 0,077$). Zudem gibt es signifikante Leistungsänderungen des *RMSSD* in beiden Faktorstufen *non odor* ($Z = -2,830$; $p = 0,005$) und *merged samples* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$). Die Erhöhung des *RMSSD* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 33,9 ms in der *non odor*- und 32,9 ms in der *merged samples*-Periode.

Es liegen marginal signifikante Haupteffekte der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) ($F = 4,140$; $p = 0,067$) und marginale Interaktionseffekte der *session x stim* ($F = 3,887$; $p = 0,074$) und *session x stim x response* ($F = 4,007$; $p = 0,071$) auf den *RMSSD* vor. Es gibt signifikante Leistungsänderungen in beiden

Faktorstufen ($Z = -3,110$; $p = 0,002$) (Abb. 20). Dabei weisen die Responder einen signifikant erhöhten *RMSSD* innerhalb der *single samples 1+2* ($Z = -2,380$; $p = 0,017$) und *single samples 3+4*-Periode ($Z = -2,521$; $p = 0,012$) auf. Die Non-Responder zeigen in der *single samples 1+2*-Periode ebenfalls einen signifikant erhöhten *RMSSD* ($T = -3,200$; $p = 0,033$). In der darauffolgenden Messperiode ist dieser jedoch nur noch marginal signifikant erhöht (*single samples 3+4*: $T = -2,186$; $p = 0,094$). Die Steigerung des *RMSSD* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 31,6 ms in der *single samples 1+2*- und 34,1 ms in der *single samples 3+4*-Periode.

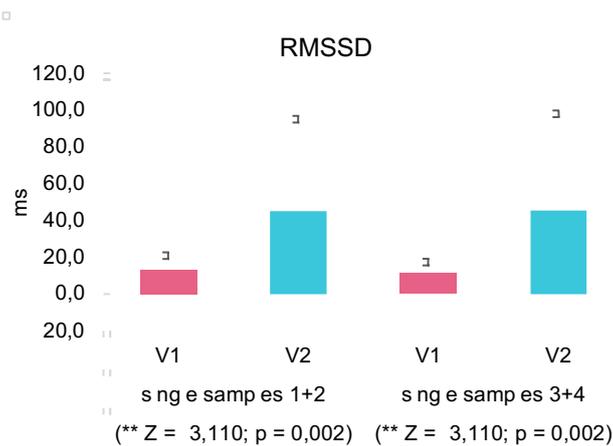


Abb. 20: *RMSSD* im Vorher/Nachher-Vergleich Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der *single samples 1+2*- und *single samples 3+4*-Perioden.

Es liegt ein marginal signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf die *SD1* vor ($F = 3,750$; $p = 0,079$) vor und es gibt eine signifikante Leistungsänderung in beiden Faktorstufen *non odor* ($Z = -2,830$; $p = 0,005$) und *merged samples* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$). Die Erhöhung der *SD1* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 24,1 ms in der *non odor*- und 23,1 ms in der *merged samples*-Periode.

Es liegen ein marginal signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) ($F = 4,151$; $p = 0,066$) und ebenfalls marginal signifikante Interaktionseffekte der *session x stim* ($F = 3,863$; $p = 0,075$) und der *session x stim x response* ($F = 3,990$; $p = 0,071$) auf die *SD1* vor. Die *SD1* der Responder hat sich von V1 zu V2 innerhalb beider Messperioden signifikant gesteigert (*single samples 1+2*: $Z = -2,380$, $p = 0,017$; *single samples 3+4*: $Z = -2,521$, $p = 0,012$). Die Non-Responder zeigen in der *single samples 1+2*-Periode ebenfalls einen signifikant erhöhten *SD1* ($T = -3,2196$; $p = 0,033$). In der *single samples 3+4*-Periode ist diese jedoch nur noch marginal signifikant erhöht ($T = -2,186$; $p = 0,094$). Die Steigerung der *SD1* beträgt im Session-Vergleich durchschnittlich 22,6 ms in der *single samples 1+2*- und 24,3 ms in der *single samples 3+4*-Periode.

Es liegen ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) ($F = 14,747$; $p = 0,003$) sowie hochsignifikante Leistungsänderungen des *logHF Power* im *non odor*- ($T = -3,447$; $p = 0,005$) und im *merged samples*-Status ($T = -4,752$; $p = 0,001$) vor. Die Erhöhung des *logHF Power* beträgt im Session-Vergleich durchschnittlich 1,57 in der *non odor*-Periode und 1,82 in der *merged samples*-Periode.

Es liegen marginal signifikante Haupteffekte der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) ($F = 16,714$; $p = 0,002$) und ein marginaler Interaktionseffekt der *session x response* ($F = 4,572$; $p = 0,056$) auf den *logHF Power* vor. Es gibt signifikante Leistungsänderungen des *logHF Power* im *single samples 1+2*- ($T = -3,856$; $p = 0,002$) und *single samples 3+4*-Status ($T = -4,299$; $p = 0,001$). Dieser Effekt ist auch bei den Respondern zu beobachten (*single samples 1+2* und *single samples 3+4*: $Z = -2,521$, $p = 0,012$;). Die Non-Responder hingegen weisen in der *single samples 1+2*-Periode keine signifikante Steigerung der *log HF Power* auf und in der *single samples 3+4*-Periode lediglich eine marginal signifikante Erhöhung ($T = -2,299$; $p = 0,083$). Die Steigerung des *logHF Power* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt -1,7 in der *single samples 1+2*- und 1,9 in der *single samples 3+4*-Periode.

Es liegen ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf den *PNS Index* vor ($F = 10,196$; $p = 0,009$) und eine signifikante Leistungsänderung in beiden Faktorstufen *non odor* und *merged samples* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$). Die Steigerung des *PNS Index* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt jeweils 1,7 für beide Stimuli.

Es liegt ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf den *PNS Index* vor ($F = 11,437$; $p = 0,006$). Zudem hat sich die Leistung beider Faktorstufen *single samples 1+2* und *3+4* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) hochsignifikant verändert. Die Steigerung des *PNS Index* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt -1,62 in der *single samples 1+2* und -1,69 in der *single samples 3+4*-Periode.

5.3.2 SNS-Parameter

Es liegt ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf die *Mean HR* vor ($F = 63,530$; $p = 0,001$). Des Weiteren liegt eine signifikante *Mean HR*-Leistungsänderung im *non odor*- ($T = 8,337$; $p = 0,001$) sowie im *merged samples*-Status ($T = 8,548$; $p = 0,001$) vor. Die Senkung der *Mean HR* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 14,0 bpm in der *non odor*- und 14,1 bpm in der *merged samples*-Periode.

Es liegen hochsignifikante Haupteffekte der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf die *Mean HR* ($F = 61,025$; $p = 0,001$) und ein signifikanter Haupteffekt der *stim* auf die *Mean HR* ($F = 4,998$; $p = 0,047$) vor. Es gibt eine hochsignifikante Leistungsänderung der *Mean HR* im *single samples 1+2-* ($T = 8,695$; $p = 0,001$) und im *single samples 3+4*-Status ($T = 7,700$; $p = 0,001$) (Abb. 21). Die Senkung der *Mean HR* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 14,4 bpm in der *single samples 1+2-* und 13,5 bpm in der *single samples 3+4*-Periode.

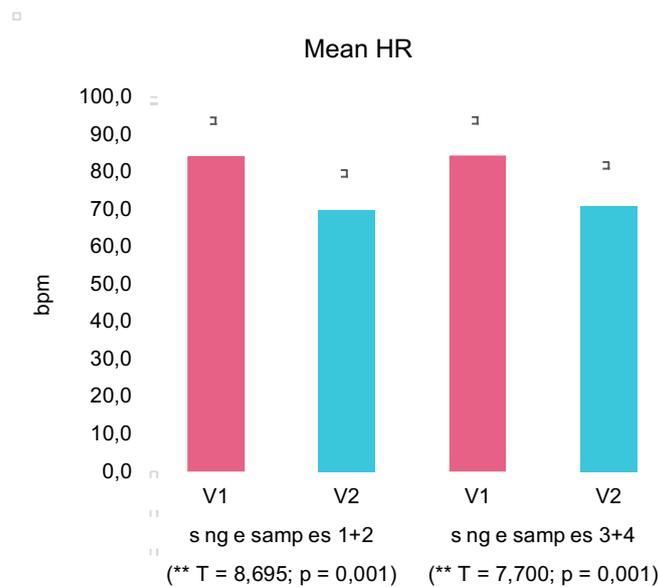


Abb. 21: *Mean HR* im Vorher/Nachher-Vergleich Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der *single samples 1+2-* und *single samples 3+4*-Perioden.

Es liegen ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) ($F = 14,232$; $p = 0,003$) und ein signifikanter Interaktionseffekt der *session x response* ($F = 5,398$; $p = 0,040$) auf den *Stress Index* vor. Es gibt eine hochsignifikante Leistungsänderung des *Stress Index* im *non odor*- ($F = 3,907$; $p = 0,002$) und *merged samples*-Status ($T = 4,036$; $p = 0,002$). In Bezug auf die *non odor*-Periode liegt bei den Respondern ($Z = -2,380$, $p = 0,017$) und Non-Respondern ($T = 3,351$; $p = 0,029$) eine signifikante Verringerung vor. Der Effekt der *merged samples*-Periode ist bei den Respondern ($Z = -2,240$, $p = 0,025$) stärker ausgeprägt als bei den Non-Respondern, welche in dieser Phase keine signifikante Verringerung des *Stress Index* zeigten. Die Senkung des *Stress Index* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 9,6 in der *non odor*-Periode und 10,5 in der *merged samples*-Periode.

Es liegen hochsignifikante Haupteffekte der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf den *Stress Index* ($F = 22,081$; $p = 0,001$) und ein marginal signifikanter Interaktionseffekt der *session x stim x response* ($F = 3,308$; $p = 0,096$)

vor. Es gibt hochsignifikante Leistungsänderungen des *Stress Index* in den *single samples 1+2-* und ($T = 4,800$; $p = 0,001$) und *single samples 3+4-*Status ($T = 4,526$; $p = 0,001$) (Abb. 22). Die Responder reagieren in beiden *stim*-Perioden an V2 mit einem verringerten *Stress Index* im Vergleich zu V1 (*single samples 1+2*: $T = 3,650$, $p = 0,008$; *single samples 3+4*: $T = 4,150$, $p = 0,004$). In der *single samples 1+2*-Periode hat sich der *Stress Index* bei den Non-Respondern ebenfalls signifikant verringert ($T = 2,834$, $p = 0,047$). In der darauffolgenden Messperiode ist dieser nur noch marginal verringert ($T = 2,563$, $p = 0,062$). Die Senkung des *Stress Index* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 12,9 in der *single samples 1+2-* und 13,7 in der *single samples 3+4*-Periode.

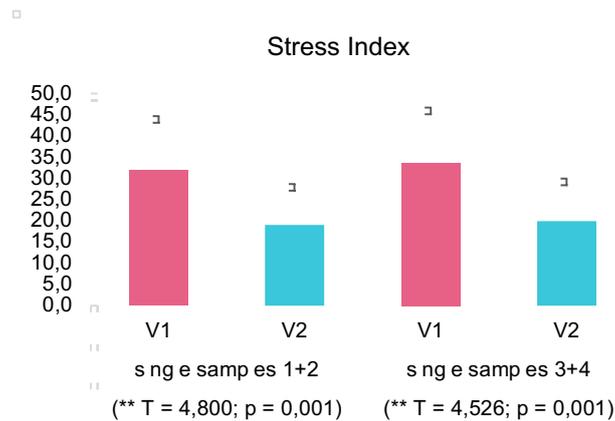


Abb. 22: *Stress Index* im Vorher/Nachher-Vergleich Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der *single samples 1+2-* und *single samples 3+4-*Perioden.

Es liegt ein signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf die *SD2* vor ($F = 6,230$; $p = 0,030$) vor. Es gibt eine signifikante Leistungsänderung der *SD2* im *non odor-* ($Z = -2,970$; $p = 0,003$) und *merged samples*-Status ($Z = -3,180$; $p = 0,001$). Die Erhöhung der *SD2* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 22,3 ms in der *non odor*-Periode und 21,8 ms in der *merged samples*-Periode.

Es liegt ein signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf die *SD2* vor ($F = 5,802$; $p = 0,035$). Eine signifikante Leistungsänderung liegt in beiden Faktorstufen *single samples 1+2* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) und *single samples 3+4* vor ($Z = -2,900$; $p = 0,004$) vor. Die Steigerung der *SD2* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 221,6 ms in der *single samples 1+2-* und 22,4 ms in der *single samples 3+4*-Periode.

Es liegen ein signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf den *logLF Power* vor ($F = 7,606$; $p = 0,019$) und eine signifikante Leistungsänderung des *logLF Power* im *non odor*-Status ($Z = -1,992$; $p = 0,046$) vor. Die Erhöhung des *logLF Power* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt -0,90 in der *non odor*-Periode und -1,09 in der *merged samples*-Periode.

Es liegt ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf den *logLF Power* vor ($F = 15,400$; $p = 0,002$). Es gab signifikante Leistungsänderungen in den Faktorstufen *single samples 1+2* ($T = -7,017$; $p = 0,001$) und *single samples 3+4* ($Z = -2,271$; $p = 0,023$). Die Steigerung des *logLF Power* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt $-1,18$ in der *single samples 1+2* und $1,05$ in der *single samples 3+4*.

Es liegt ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) ($F = 29,098$; $p = 0,001$) und ein signifikanter Interaktionseffekt der *stim x response* ($F = 4,883$; $p = 0,049$) auf den *SNS Index* vor. Der *SNS-Index* hat sich jeweils im *non odor*- ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) und *all merged*-Status ($Z = -3,110$; $p = 0,002$) signifikant verändert (Abb. 23). Die Effekte der beiden Stimuli waren bei Respondern (*non odor*: $Z = -2,52$, $p = 0,012$; *merged samples*: $Z = -2,380$, $p = 0,017$) und Non-Respondern (*non odor*: $T = 5,260$, $p = 0,006$; *merged samples*: $T = 3,310$, $p = 0,030$) signifikant verringert. Die Senkung des *SNS Index* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt $2,46$ in der *non odor*-Periode und $2,64$ in der *merged samples*-Periode.

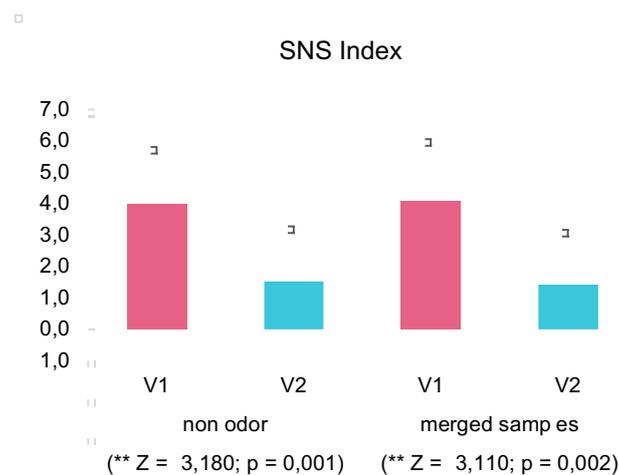


Abb. 23: *SNS Index* im Vorher/Nachher-Vergleich Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der *non odor*- und *merged samples*-Perioden.

Es liegt ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf den *SNS Index* vor ($F = 41,104$; $p = 0,001$). Es gibt hochsignifikante Leistungsänderungen in beiden Faktorstufen *single samples 1+2* ($Z = -3,110$; $p = 0,002$) und *single samples 3+4* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$). Die Senkung des *SNS Index* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt $3,0$ in der *single samples 1+2*- und $3,1$ in der *single samples 3+4*-Periode.

5.3.3 Weitere Kennwerte

Es liegen ein marginal signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) ($F = 4,220$; $p = 0,064$) und ein signifikanter Haupteffekt des *stim* ($F = 4,898$; $p = 0,049$) auf den *logLF/HF-Ratio Power* vor. Es gibt eine hochsignifikante Leistungsänderung des *logLF/HF-Ratio Power* im *merged samples*-Status ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) (Abb. 24) und die Senkung des *logLF/HF-Ratio Power* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 0,14 in der *merged samples*-Periode.

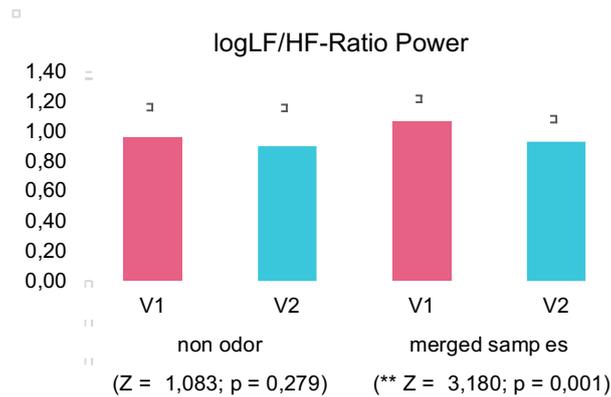


Abb. 24: *logLF/HF-Ratio Power* im Vorher/Nachher-Vergleich Angegeben sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der *non odor*- und *merged samples*-Perioden.

Lediglich in der Faktorstufe *single samples 3+4* ($Z = -2,132$; $p = 0,033$) liegt eine signifikante Leistungsänderung des *logLF/HF-Ratio Power* vor. Die Senkung des *logLF/HF-Ratio Power* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 0,07 in der *single samples 1+2*- und 0,16 in der *single samples 3+4*-Periode.

Es liegt ein signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf die *SDNN* vor ($F = 4,899$; $p = 0,049$) und es sind signifikante Leistungsänderung in beiden Faktorstufen *non odor* ($Z = -3,040$; $p = 0,002$) und *all merged* ($Z = -3,180$; $p = 0,001$) zu verzeichnen. Die Erhöhung der *SDNN* beträgt im Session-Vergleich durchschnittlich 23,2 ms in der *non odor*- und 22,4 ms in der *merged samples*-Periode.

Es liegt ein signifikanter Haupteffekte der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf die *SDNN* vor ($F = 6,272$; $p = 0,029$). Die Steigerung der *SDNN* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 25,5 ms in der *single samples 1+2*- und 23,4 ms in der *single samples 3+4*-Periode.

Es liegt ein hochsignifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *non odor* und *merged samples*) auf die *pNN50* vor ($F = 5,018$; $p = 0,047$). Zudem gibt es hochsignifikante Leistungsänderungen in beiden Faktorstufen *non odor* ($Z = -2,366$; $p = 0,018$) und *all merged* ($Z = -2,380$; $p = 0,017$). Die Erhöhung der *pNN50* beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 19,6 % in der *non odor*- und 17,7 % in der *merged samples*-Periode. Die

$pNN50$ weist mehrere extreme Ausreißer auf (*2, *3, *10). Eine Korrektur dieser Ausreißer ist jedoch nicht erfolgt, da dies die einzigen Fälle > 0 an V1 darstellen. An V2 weisen bereits sechs Probanden eine $pNN50 > 0$ auf.

Es liegt ein marginal signifikanter Haupteffekt der *session* (mit den Faktorstufen *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) auf die $pNN50$ ($F = 4,798$; $p = 0,051$) vor. Außerdem gibt es signifikante Leistungsänderungen in den Faktorstufen *single samples 1+2* ($Z = -2,366$; $p = 0,018$) und *single samples 3+4* ($Z = -2,380$; $p = 0,017$). Die Steigerung der $pNN50$ beträgt im Session-Vergleich im Durchschnitt 17,2 % in der *single samples 1+2*- und 18,2 % in der *single samples 3+4*-Periode.

5.4 Wahrgenommene Veränderungen aus Sicht der Probanden

5.4.1 Quantitative Anteile der Fragebögen

Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für Frage 1 („Auf einer Skala von 1-10, wie fühlen Sie sich gerade?“) zeigt, dass sich die Patienten an V2 signifikant besser gefühlt haben als an V1 ($Z = -1,992$; $p = 0,046$). Laut t-Test unterscheiden sich die Mittelwerte der beiden Messzeitpunkte bei Frage 2 („Auf einer Skala von 1-10, wie gut haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?“) ($T = -1,827$, $p = 0,093$) marginal signifikant und bei Frage 5 („Auf einer Skala von 1-10, wie satt fühlen Sie sich gerade?“) ($T = -2,347$, $p = 0,037$) signifikant voneinander. Die Teilnehmer haben somit nach eigenen Angaben in der Nacht vor V2 besser geschlafen als vor V1 und beschrieben eine signifikant höhere Sättigung an V2 als an V1.

5.4.2 Qualitative Anteile der Fragebögen

Nach der Operation berichtete der Großteil der Patienten von einem besseren Körpergefühl. Bei 7 Probanden beruht dies auf einer gesteigerten Beweglichkeit. Körperliche Beschwerden (Knie-, Hüft-, Rückenschmerzen) sind gleichermaßen zurückgegangen oder haben sich verschlechtert. 11 Probanden berichteten von einem veränderten Geschmackempfinden. Teilweise haben sie ihre Ernährung komplett umgestellt, da insbesondere süße und fettige Nahrungsmittel weniger ansprechend auf sie wirken oder nicht mehr vertragen werden. 7 Patienten gaben an, dass sie süße Lebensmittel aufgrund der wahrgenommenen Intensität nun meiden. Dagegen werden postoperativ Vollkornprodukte, Gemüse, Fisch, Suppen, Milch und Milchprodukte und trockene Lebensmittel wie Kekse oder (Knäcke-) Brot bevorzugt. Diese Umstellung basiert laut Aussage von 10 Probanden auf ihren modifizierten Geschmacksvorlieben und einer besseren Verträglichkeit.

5.5 Exemplarische Verlaufspräsentation eines Probanden

Proband *Olf-019-006* war zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung 29 Jahre alt, männlich, 1,76 m groß und wog 192 kg (BMI 62 kg/m²). Er nahm keine Medikamente ein und berichtete von keinerlei Vorerkrankungen. Der Proband trieb vor der BO 0-1x/ Woche Sport, musste aber bei der Arbeit überwiegend gehende und stehende Tätigkeiten ausführen. Aufgrund des morbid erhöhten KGs wurde die primäre Indikation für eine BO gestellt und der Patient entschied sich für eine SG.

Vor der BO hat der Proband 11 Riechstifte richtig erkannt und befand sich somit an der Grenze zwischen Hyposmie und Normosmie. Durch die BO verlor er innerhalb von 3 Monaten 53 kg KG (27,6 %) und wählte an V2 13 Odorantien richtig aus. Somit hat sich sein Riechvermögen um 18,2 % gesteigert. Folgende HRV-Werte wurden an V1 und V2 aufgezeichnet (Tab. 4):

Tab. 4: HRV-Parameter des Probanden *Olf-019-006*

Kennwert	V1	V2	Veränderung [%]
Mean RR [ms]	709	1063	49,9
RMSSD [ms]	30,1	137,3	356,1
SD1 [ms]	21,3	97,2	356,3
logHF Power (FFT)	6,5700	9,1046	38,6
PNS Index	-1,28	3,29	357,0
Mean HR [bpm]	85	56	-34,1
Stress Index	12,6	4,3	-65,9
SD2 [ms]	41,7	127,2	205,0
logLF Power (FFT)	5,7510	7,4983	30,4
SNS Index	1,70	-1,49	-187,6
logLF/HF- Ratio Power (FFT)	0,8753	0,8236	-5,9
SDNN [ms]	33,1	113,0	241,4
pNN50 [%]	8,28	73	781,6

Aus der Tabelle geht hervor, dass sich die Kennwerte des Parasympathikus verbessert haben und der *PNS Index* dadurch stark angestiegen ist. Der *SNS Index* konnte dagegen deutlich gesenkt werden. Dieser Effekt kommt durch die stark verlangsamte *Mean HR* und den verringerten *Stress Index* zustande. Auffällig sind zudem die erhöhte *SDNN* und der stark erhöhte Anteil von RR-Intervallen, die > 50 ms voneinander abweichen (*pNN50*).

Insgesamt hat sich die HRV somit deutlich verbessert. Das RR-Intervall-Tachogramm und die zeitvariable Analyse illustrieren die kardio-vagalen Veränderungen (Abb. 25).

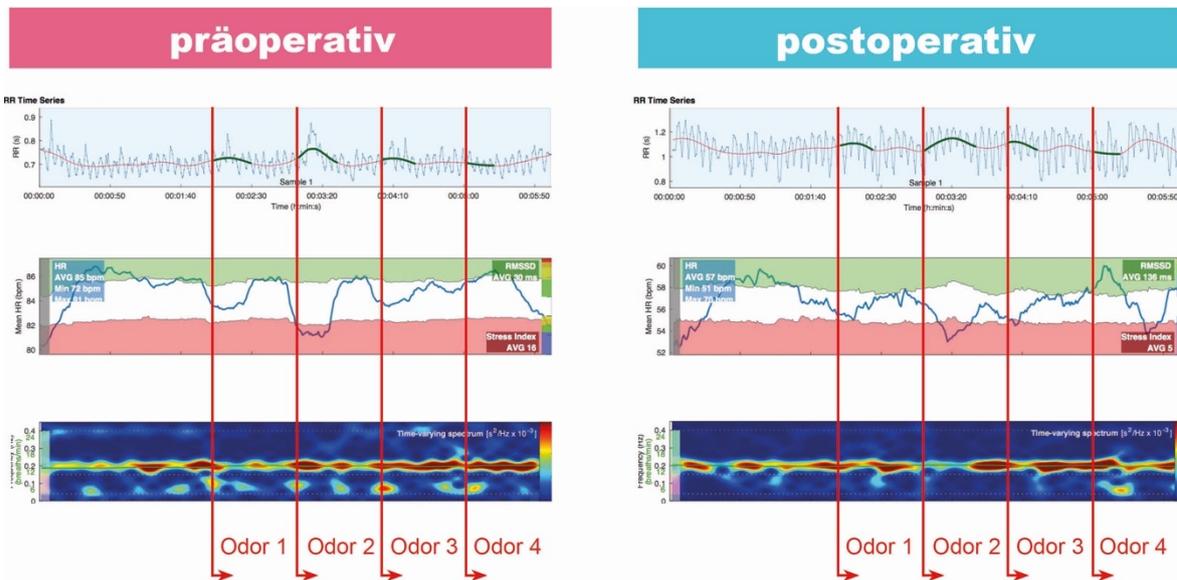


Abb. 25: RR-Intervall-Tachogramm und zeitvariable Analyse des Probanden Olf-019-006. Abgebildet sind das RR-Intervall-Tachogramm (oben), die Schwankung der Herzrate (Mitte) und das zeitvariable Spektrum (unten) für jeweils ein Messintervall von sechs Minuten vor/nachher Vergleich.

Besonders bei Betrachtung des Tachogramms wird deutlich, dass die Herzfrequenz an V2 deutlich langsamer ist und stärker schwankt. Bei Betrachtung der Trendkurve der RR-Intervalle zeigt sich zudem an V2 eine marginal erhöhte Reaktivität zu den Zeitpunkten der Exposition mit den einzelnen Odorantien zu Beginn der Minuten 2, 3, 4 und 5 im Vergleich zu V1. Ein ähnlicher deskriptiv bewerteter Effekt ist bei den Probanden *Olf-019-005*, *Olf-019-010*, *Olf-019-017* und *Olf-019-018* zu beobachten (Abb. 39). Die verdichtete Bande der Spektralanalyse bei 0.2 Hz entspricht einer Zyklusfrequenz von 12 Atemzügen/Min. und zeigt somit eine starke Synchronisation der HRV mit der Atmung in beiden Sitzungen. An V2 ist sie jedoch stärker ausgeprägt als an V1. Dies weist auf eine stärkere kardio-vagale Reaktivität nach der BO hin. Dies geht einher mit der Reduktion der 0.1 Hz-Aktivität an V2, die überwiegend sympathisch vermittelt ist. Insgesamt wurden durch die Verringerung des KGs somit die olfaktorische Leistung sowie die HRV erhöht. Aus persönlicher Sicht berichtete der Proband nach der Operation von einem Rückgang der Gelenkschmerzen sowie von einer besseren Kondition. Er schilderte zudem eine neu aufgekommene Aversion gegen süße Nahrungsmittel, obwohl er vor der BO süße Lebensmittel herzhaften Lebensmitteln vorgezogen hat. Nun wählt er gezielt Lebensmittel aus, die weniger süß sind.

6 Diskussion

Durch die vorliegende Arbeit sollte geklärt werden, ob eine BO das Riechvermögen und die HRV im Sinne einer gesundheitsprognostisch verbesserten kardio-vagalen Reaktivität beeinflusst. Die verringerte Olfaktorik und HRV bei einem erhöhten BMI werden in der Literatur häufig diskutiert doch ist der kausale Zusammenhang bislang ungeklärt. Es ist jedoch bekannt, dass Adipositas eine negative Veränderung der Grundfunktionen des menschlichen Körpers hervorrufen kann. Das vorliegende Studiendesign entstand daher unter der Prämisse, dass eine induzierte Gewichtsreduktion durch eine BO die Resensibilisierung des Riechvermögens erwirkt, welches durch die enge Verknüpfung der Olfaktorik mit dem ANS anhand der HRV sichtbar gemacht werden kann. Aufgrund vorliegender Signifikanz werden alle untersuchten Kennwerte in die Diskussion einbezogen. An dieser Stelle wird noch einmal darauf hingewiesen, dass die Untersuchung der ursprünglich geplanten Teilnehmerzahl aufgrund der COVID-19-Pandemie nicht abgeschlossen werden konnte.

6.1 Veränderung des Körpergewichts

Die BO hat einen drastischen Effekt auf das KG aller Probanden. Dieses konnte im Durchschnitt statistisch signifikant um 19,5% verringert werden. Fünf Probanden konnten dadurch bereits drei Monate nach der BO einer niedrigeren BMI-Kategorie zugeordnet werden als an V1. Einer der Probanden konnte sein KG so stark verringern, dass er nicht länger als adipös eingestuft wird. Laut S3-Leitlinie der DAG kann der Verlust des Übergewichts langfristig 60-70% betragen (DAG, 2014, S. 24). Mit einer SG verlieren Patienten ca. 33-83% KG, allerdings ist die Langzeitprognose dieser Verfahrensart derzeit noch unklar (DAG, 2014, S. 26). Da sich fast alle Probanden dieser Studie einer SG unterzogen haben und in der initialen Phase des Gewichtsverlusts untersucht wurden, kann keine Langzeitprognose erstellt werden. Der weitere Gewichtsverlauf der Probanden hängt u.a. davon ab, ob sie sich nun häufiger körperlich betätigen und ihre Essgewohnheiten langfristig umstellen. In weiterführenden Studien wäre es daher interessant, den Gewichtsverlauf über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Es könnten jährliche Messwiederholungen durchgeführt werden, bei denen das Essverhalten und Hungerempfinden der Probanden intensiver erfragt werden. Des Weiteren weisen die Responder im Durchschnitt eine geringfügig höhere Gewichtsreduktion auf als die Non-Responder. Dies könnte darauf hinweisen, dass das Riechvermögen mit sinkendem KG zunimmt. Der Effekt ist jedoch minimal und sollte in weiterführenden Studien mit höheren Stichprobenumfang beobachtet werden.

6.2 Veränderung des Riechvermögens und daraus resultierende Implikationen für die langfristige Gewichtsreduktion

In der vorliegenden Studie wurde das Riechvermögen vor Messung des EKGs mithilfe von *Sniffin´ Sticks* geprüft. Anhand des Tests konnte eine signifikant positive Veränderung nachgewiesen werden. Somit gilt die Forschungshypothese, welche besagt, dass die BO den Verlust des Riechvermögens reversieren kann, als bestätigt.

Die Ergebnisse zeigen zwar, dass sich das Riechvermögen eines Probanden nicht verändert und das von vier Probanden geringfügig verschlechtert hat, dennoch konnten acht Probanden (61,5%) ihr Riechvermögen steigern. Insgesamt hat sich die Riechsensitivität drei Monate nach der BO um 6,8 % verbessert. Postoperativ weisen somit 12 der 13 Probanden eine Normosmie auf. Dies spricht für eine Normalisierung des Riechvermögens. Diese Beobachtung deckt sich mit Erkenntnissen von Holinski et al. und Hancı et al. Sechs Monate nach einer SG stellten sie bei 86,4% aller Probanden eine Annäherung an eine normales Riechlevel fest (Holinski et al., 2015, S. 2317) und eine Erhöhung der Riechstifterkennung von 25 (präoperativ) auf 41 (postoperativ) bei 48 zu erkennenden *Sniffin´ Sticks* (Hancı et al., 2016, S. 559).

Die verbesserte Olfaktorik kann einen großen Effekt auf das zukünftige Essverhalten der Probanden haben, denn ein intaktes Riechvermögen dient in erster Linie als sensorisches Warnsystem des menschlichen Körpers. Es signalisiert, welche Substanz zur Aufrechterhaltung der Homöostase benötigt wird und ab welcher Konzentration diese eine toxische Wirkung entfaltet. Eine genetische Prädisposition oder auch langjährige falsche Ernährung und/oder Diäten können dieses empfindliche System stören (MacLean et al., 2017, S. 12). Dies äußert sich in der bereits beschriebenen engen Verknüpfung des Riechsystems mit dem ANS. Eine Resensibilisierung des Systems könnte eine Alteration der vegetativen Antwort erwirken, die sich in Form einer rechtzeitig einsetzenden Sättigung äußert. Wie bereits an einer Studie von Rolls erläutert wurde, ist die Nahrungszufuhr bei Menschen mit funktionierender Olfaktorik solange von einem Belohnungsgefühl begleitet, bis die sensorisch spezifische Sättigung erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt sinkt der Belohnungswert der Nahrung (Rolls, 2005, S. 53-54). Die neuronale Verarbeitung von Düften wird somit durch den individuellen Sättigungsstatus moduliert und Düfte können wiederum den Impuls zum Aufnehmen oder Beenden einer Mahlzeit senden. Dies erfolgt über die bereits beschriebene Regulation der Nahrungsaufnahme durch das ANS, welches als Vermittler zwischen den Verdauungsorganen und diversen Hirnarealen agiert. Beim Erreichen der Sättigung werden inhibitorische Signale ausgehend von den Verdauungsorganen u.a. an den Hypothalamus, das Riechepithel und den Bulbus olfactorius gesendet (Ulusoy et al., 2017,

S. 644). Auf diese Weise sinkt die wahrgenommene Annehmlichkeit eines Duftes sowie das Verlangen nach der betreffenden Nahrung. Die Nahrungsaufnahme wird daraufhin abgebrochen. Bei der Beobachtung von Adipositaspatienten fällt häufig auf, dass sich überschüssiges KG durch eine erhöhte Nahrungszufuhr ansammelt. Dies könnte darin begründet sein könnte, dass die Transmissionen von Hunger- bzw. Sättigungssignalen gestört sind. Ist das Riechvermögen beeinträchtigt, könnte es sein, dass das Signal zum Abbruch der Nahrungsaufnahme ausbleibt. Dies kann ungezügelter Essverhalten begünstigen und langfristig zu einer weiteren Erhöhung des KGs beitragen (Patel, DelGaudio & Wise, 2015, S. 3). Im Gegenzug könnte das Riechvermögen durch den Anstieg des KGs noch schwerer beeinträchtigt werden. Die olfaktorische Resensibilisierung der Probanden durch die BO könnte daher die Grundlage für eine nachhaltige Reduktion des KGs durch eine Zunahme chemo-sensorischer Regulation und der Rückkehr zum intuitiven Essverhalten bilden.

Es sollte jedoch beachtet werden, dass die vorliegende Studie nur einen kleinen Stichprobenumfang aufweist. Aus diesem Grund wurde das Geschlecht nicht als Zwischen-subjektfaktor einbezogen. Eine olfaktorische Dysfunktion kann das Essverhalten bei Männern und Frauen jedoch unterschiedlich beeinflussen (Kong et al., 2016). Doty & Cameron postulieren zudem, dass zwischen Männern und Frauen komplexe morphologische Unterschiede der neuronalen Beschaffenheit bestehen und bestimmte Hormone im Verlauf des weiblichen Zyklus einen Einfluss auf die Riechsensitivität entfalten können (Doty & Cameron, 2009, S. 12-13). In weiterführenden Studien mit größerem Stichprobenumfang sollte dieser Faktor daher einbezogen werden. Es sollte außerdem eine längere Messperiode gewählt werden, die eine höhere Anzahl nahrungsbezogener und nicht nahrungsbezogener Odorantien involviert, um den Habituationseffekt besser bewerten zu können.

6.3 Veränderung der kardio-vagalen Reaktivität

Die HRV wurde anhand eines EKGs in sitzender Position unter Ruhebedingung und während der Stimulation durch vier Odorantien bestimmt. Die Analyse der HRV-Parameter verdeutlicht, dass die BO einen signifikant positiven Effekt auf die vagal-vermittelte Herzaktivität hat. Damit ist die Forschungshypothese bestätigt, die besagt, dass die kardio-vagale Reaktivität infolge einer BO zunimmt.

Alle Parameter der HRV, mit Ausnahme des *logLF/HF-Ratio Power*, haben sich von V1 zu V2 signifikant verändert. Im Vergleich zu V1 haben sich die Kennwerte des parasympathischen Nervensystems (*Mean RR*, *RMSSD*, *SD1* und *logHF Power*) an V2 signifikant erhöht. Dadurch ist der *PNS Index* ebenfalls signifikant angestiegen. Die Kennwerte des sympathischen Nervensystems (*Mean HR* und *Stress Index*) haben sich signifikant verringert und die *SD2* sowie der *logLF Power* sind signifikant angestiegen. Insgesamt ist der *SNS Index* dadurch signifikant gesunken. Die errechneten *PNS* und *SNS Indizes* werden durch den Mittelwert einer Vergleichspopulation, der in *Kubios HRV Premium* hinterlegt ist, in Relation gesetzt. Über den Zeitraum von drei Monaten nach der BO hat sich der *PNS Index* somit normalisiert und der *SNS Index* strebt ebenfalls einer Normalisierung entgegen. Der Anstieg der Kennwerte des Zeitbereichs spricht für eine Erhöhung der RR-Intervalle. Insbesondere die Anstiege des *Mean RR* um 21%, des *RMSSD* um 151,6 ms sowie der *SDNN* um 22,75 ms unterstreichen dies. Interessant ist außerdem der um 18,24 % erhöhte Anteil an Probanden mit einem *pNN50* an V2. Dies spricht für eine erhöhte HRV und die Senkung der Herzrate. Die jeweiligen Steigerungen der nichtlinearen Variablen – *SD1* und *SD2* – kennzeichnen zudem die erhöhte Variabilität des kardialen Rhythmus´.

Wie anfänglich bereits erwähnt wurde, kann eine erhöhte Nahrungszufuhr die energetische Homöostase stören und so eine sympatho-vagale Dysbalance generieren (Hoos, 2019, S. 190). Als kompensatorische Antwort auf die erhöhte Energiezufuhr wird das Gleichgewicht in Richtung einer vermehrt sympathisch- und weniger vagal-geprägten vegetativen Tätigkeit verschoben. Durch die Modulation des Baroreflex steigt so der Blutdruck und es kann zur Hypertonie kommen (Guarino et al., 2017, S. 6). Infolgedessen kann die Reduktion der HRV (gemessen an *VLf*, *LF*, *HF*, *Total Power*, *SDNN*, *pNN50* und *RMSSD*) mit einem erhöhten Risiko für koronare Herzerkrankung oder Herzinsuffizienz in Zusammenhang gebracht werden (Tsuji et al., 1996, S. 1952). Durch die Senkung des KGs kann sich dieser Zustand jedoch wieder normalisieren. Dies zeigte sich an einer Erhöhung der *HF* und *SDNN* sowie Minderung der *LF* infolge eines Gewichtsverlusts der Probanden von Karason et al. (Karason et al., 1999, S. 1244-1246) und unterstützt die Ergebnisse der vorliegenden Studie. Die Ergebnisse decken sich zudem mit denen von Nault et al. Sie konnten

nachweisen, dass sich die HRV nach einer BO normalisiert, obwohl das Normalgewicht noch nicht erreicht ist (Nault et al., 2007, S. 1428f.). Daher spricht die Erhöhung der HRV für eine Minderung des kardialen Ereignisrisikos und eine verbesserte Gesundheitsprognose. Nault et al. beobachteten außerdem eine Verbesserung der biochemischen Parameter (Cholesterin, LDL, HDL, Triglyceride, Insulin, Blutglucose etc.) (Nault et al., 2007, S. 1428f.). In diesem Zusammenhang wäre ein Abgleich mit dem Blutdruck und den laborchemischen Werten der Probanden dieser Studie an beiden Versuchstagen von Interesse gewesen. Diese sollten bei weiterführenden Projekten dieser Art einbezogen werden.

Bei Betrachtung der *stim*-Perioden fällt auf, dass sich die Werte der *non odor*- sowie *merged samples*-Perioden gleichermaßen bei fast allen HRV-Parametern signifikant verändert haben. Ausnahmen bilden der marginal veränderte *logLF/HF-Ratio Power* und der *logHF Power*, welcher nur in der *non odor*-Periode eine starke Veränderung zeigt. Interessant ist das Ergebnis des *logLF/HF-Ratio Power*, da der *stim* in diesem Fall einen Haupteffekt bewirkt hat. Der *logLF/HF-Ratio Power* verringert sich signifikant in der *merged samples*-Periode. Bei näherer Betrachtung dieser Periode verringert er sich signifikant im zweiten Abschnitt, der *single samples 3+4*-Periode. Dies könnte daran liegen, dass der *logLF Power* sich bei Betrachtung aller Probanden in der *non odor*-Periode signifikant erhöht hat, in der *merged samples*-Periode aber nicht. Ein weiterer Einflussfaktor ist der *log HF Power*, welcher in der SS1+2 und SS3+4 hauptsächlich bei den Respondern signifikant erhöht ist, bei den Non-Respondern jedoch nur marginal in der *single samples 3+4*-Periode. Dies trägt zur Minderung des *logLF/HF-Ratio Power* bei und illustriert den Habituationseffekt auf die Odorantien infolge der Messungen. Zudem spricht eine Minderung des *logLF Power* für Zunahme der vagal-geprägten HF im Vergleich zur LF, die hauptsächlich durch den Sympathikus moduliert wird. So wird bspw. ein erhöhter *LF/HF-Ratio* durch die Dominanz der LF und einem reduziertem Vagustonus im Zuge der Nachuntersuchungen nach einem Myokardinfarkt festgestellt (Camm et al., 1996, S. 367). Eine Minderung des *logLF/HF-Ratio Power* spricht somit für ein vermindertes kardiales Ereignisrisiko.

Bei Betrachtung der Spektralanalyse (Abb. 38) fällt zudem auf, dass diese sich bei einigen genannten Probanden entlang der 0.2 Hz-Bande verdichtet hat. Dieser Effekt wird hier ausschließlich deskriptiv bewertet. Er steht jedoch für eine erhöhte Synchronisation der kardio-vagalen Aktivität mit der Atmung und könnte bei Beobachtung der Probanden über einen längeren Zeitraum stärkere Ausprägungen annehmen.

Zusätzlich ist zu beachten, dass die vorliegende Studie Patienten mit T2DM und anderen Begleiterkrankungen umfasst. Die Ergebnisse könnten davon beeinträchtigt sein, da T2DM bspw. mit kardialer Dysautonomie in Verbindung steht (Poirier et al., 2003, S. 1059). Allerdings gaben Nault et al. an, dass sich die HRV-Parameter mit und ohne

Einbezug von T2DM-Patienten signifikant verbessert haben (Nault et al., 2007, S. 1429). Die Einnahme von Insulin, blutdrucksenkenden Mitteln und anderer Medikation könnte die Messdaten aber dennoch beeinflusst haben. Bei weiterführenden Studien sollte daher der Stand der Komorbiditäten (Rückgang bzw. Verschlechterung und Einnahme entsprechender Medikamente) dokumentiert und als Faktor in die Analyse einbezogen werden.

6.4 Zusammenhang zwischen der Resensibilisierung des Riechvermögens und der Zunahme der kardio-vagalen Reaktivität

Die Messdaten des EKG wurden auf Interaktionseffekte der Versuchstage (*session*) und der Stimuli (*stim: non odor* und *merged samples* bzw. *single samples 1+2* und *single samples 3+4*) geprüft. Zudem wurde die Zwischensubjektvariable des Responder-Status' einbezogen. Es zeigten sich jedoch keine konsistenten Interaktionen. Die Forschungshypothese, welche besagt, dass ein Zusammenhang zwischen der Resensibilisierung des Riechvermögens und der Zunahme der kardio-vagalen Reaktivität besteht, kann daher nicht bestätigt werden.

Diese Feststellung manifestiert sich u.a. anhand der Kennwerte *Mean RR* und *Mean HR*. Zwar wurde der *Mean RR* signifikant erhöht und die *Mean HR* signifikant verringert, es bestehen jedoch keine Interaktionseffekte zwischen der *session* und den *stim (non odor* und *merged samples)*. Dies deutet darauf hin, dass die Odorantienstimulation keinen Effekt auf die Verlangsamung der Herzfrequenz hatte. Es wurden lediglich marginal signifikante Interaktionseffekte *session x stim (single samples 1+2* und *single samples 3+4)* bei den Kennwerten *RMSSD*, *SD1* und *Stress Index* beobachtet. Demnach besteht ein unwesentlicher Unterschied zwischen der Effektstärke der jeweilig eingesetzten Odorantien auf die *sympatho-vagale Balance*.

Bei Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen dem individuellen Ausmaß der Verbesserung der Olfaktorik und den HRV-Parametern durch die Verwendung der Zwischensubjektvariable Responder/Non-Responder in der ANOVA konnten keine konsistenten Interaktionen festgestellt werden. Um konkrete Aussagen darüber treffen zu können, ob die HRV der Responder sich stärker erhöht als die der Non-Responder, wird eine höhere Fallzahl benötigt.

Nach heutigem Erkenntnisstand existiert in der Literatur kein Hinweis darauf, dass die Verbesserung der *sympatho-vagalen Balance* mit der Resensibilisierung der Olfaktorik konvergiert. Um zu prüfen, ob olfaktorische Reize nach einer BO einen zunehmenden Einfluss auf vagale Efferenzen entfalten, wird weitere Forschung benötigt.

6.5 Bewertung des veränderten körperlichen Empfindens und der hedonischen Wahrnehmung der Probanden

Der Erfolg der BO lässt sich nicht ausschließlich mittels der Veränderung von Gesundheitsparametern beschreiben, sondern kann u.a. anhand von Aussagen der operierten Probanden abgeleitet werden. Zu diesem Zweck wurden Fragebögen entwickelt, die den Effekt der BO auf den Gemütszustand der Probanden und deren Nahrungsmittelvorlieben dokumentieren. Die Antworten der Fragebögen belegen, dass sich die Probanden infolge der BO insgesamt besser fühlen und ein höheres Sättigungsgefühl sowie eine intensiviertere hedonische und sensorische Wahrnehmung besitzen.

Der exemplarisch vorgestellte Proband illustriert den beeindruckenden Effekt der BO auf die Verringerung des KGs sowie die Verbesserung des Riechvermögens und der HRV. Die HRV-Parameter des Teilnehmers zeigen die allgemeine Erhöhung der parasympathischen und Verringerung der sympathischen Kontrolle. Der Proband gab zudem zum Zeitpunkt der erneuten Messung an V2 an, sich insgesamt besser zu fühlen als an V1. Diese Aussage wurde durch die Auswertung der Fragebögen aller Probanden bestätigt und lag z.T. an einem besseren Körpergefühl, das sich aus der Verringerung des KGs und der Minderung körperlicher Beschwerden zusammensetzt. Zudem haben die Teilnehmer in der Nacht vor V2 besser geschlafen als vor V1. Leahey et al. implizieren zudem, dass die Verbesserung des Gemütszustands einen Nebeneffekt reduzierten Verlangens nach bestimmten Nahrungsmitteln darstellt (Leahey et al., 2012, S. 6).

Darüber hinaus teilte Proband Olf-019-006 mit, sich an V2 signifikant satter zu fühlen als an V1. Dieser Eindruck wurde durch die anderen Probanden bestätigt und ist in erster Linie auf die enorme Verkleinerung des Magens zurückzuführen. Eine kürzlich veröffentlichte Studie fand zudem heraus, dass die Aktivierung der Belohnungszentren und Frontalregionen mit steigendem BMI abnimmt. Auf der anderen Seite steigt die Aktivierung der primären olfaktorischen Regionen und den Erinnerungsregionen parallel zum BMI. Die Aktivierung des Gehirns ist im Hungerzustand – unabhängig von BMI und Alter – größer als bei Sättigung. Daher wird spekuliert, dass die Überstimulation der olfaktorischen Zentren sowie des Erinnerungszentrums im Gehirn durch exzitotoxische Effekte (z. B. Übermäßiger Konsum süßer oder fettiger Nahrung) degenerative Veränderungen hervorruft. Daraus ließe sich ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Belohnungsverhalten, Veränderungen der Entscheidungstreffung und der Akkumulation von KG herstellen. Wenn das Belohnungsgefühl aufgrund einer Störung der dopaminergen Übertragung im Belohnungszentrum ausbleibt, kann dies belohnungssuchendes Verhalten (z. B. übermäßiges Essen oder Zufuhr hochkalorischer Nahrung) als Kompensation auslösen (Jacobson et al.,

2019, S. 15f.). Wenn infolge einer BO ein vermindertes Hungergefühl vorliegt, könnte es demnach sein, dass die olfaktorischen und Erinnerungszentren weniger stark stimuliert werden. Das Belohnungszentrum wird auf diese Weise rechtzeitig bedient und das Verlangen nach Nahrung nimmt ab.

Ein Großteil der Patienten – ebenso der exemplarisch vorgestellte Proband – berichtete außerdem von einer Aversion gegen intensiv süße Lebensmittel (olfaktorisch und gustatorisch). Aus diesem Grund würden sie nun bevorzugt auf Obst, Salate, Suppen und Vollkornprodukte zurückgreifen. Diese Aussagen decken sich mit den Erkenntnissen von Hubert et al., die feststellten, dass Patienten ein Jahr nach einer BO von einem veränderten Geschmacks- und Aromaempfinden berichten (Hubert et al., 2019, S. 18). Die Nahrungsaufnahme wird, wie bereits erwähnt, durch die vagal vermittelte Stimulation natürlich reguliert. Auf diese Weise entsteht eine empfindliche Homöostase, die durch konditionierte Verhaltensweisen gestört werden kann. Dazu gehören z. B. die kulturell geprägte Pflicht der Einnahme von Mahlzeiten zu bestimmten Tageszeiten oder die appetitanregende Darbietung einer Mahlzeit. Ein süßer Duft kann diesbezüglich das homöostatische Regulationsystem aus dem Gleichgewicht bringen und die Essbereitschaft initiieren, obwohl kein metabolischer Bedarf besteht. Auf diese Weise kann das KG langfristig ansteigen (Jänig, 2019, S. 559). Hinzu kommt, dass der Intensitätseindruck von Düften größer ist, wenn sie mit süßer Nahrung kombiniert, als wenn sie ohne Nahrung präsentiert werden (Stevenson, Brookes & Wilson, 2000, S. 438). Eine Reduktion des Riechvermögens könnte also dazu führen, dass süßere Nahrung bevorzugt wird, um dieselbe befriedigende Wirkung zu erzielen. Sobald das Riechvermögen jedoch gesteigert wird, könnte eine geringe olfaktorische und gustatorische Reizung genügen um die Qualität „süß“ ausreichend wahrzunehmen und noch als angenehm zu bewerten. Die „Normalisierung“ des Süßempfindens der Probanden dieser Studie könnte ein essentieller Bestandteil der nachhaltigen Gewichtsreduktion durch die Rückkehr zu einer intuitiven Lebensmittelauswahl darstellen. Der Fragebogen stellt in diesem Fall einen limitierenden Faktor für die Datenerhebung dar, da nicht viele Fragen zu Nahrungsvorlieben und die Art und Weise der Nahrungsmittelaufnahme sowie -häufigkeit vor und nach der BO gestellt wurden. Um das veränderte Süß-Empfinden der Patienten aufzuzeichnen, könnte man die Probanden in zukünftigen Studien bitten, die persönlich empfundene Süße verschiedener Lebensmittel mithilfe einer Rating-Skala zu bewerten.

An dieser Stelle sei jedoch zu beachten, dass Patienten nach einer BO gezwungen sind, langsamer zu essen und die Nahrung gründlich zu kauen. Auf diese Weise können sich Aromen im Mund besser entfalten und zu einer verstärkten, retro-nasal wahrgenommenen Duftintensität beitragen (Hubert et al., 2019, S. 17). In diesem Fall wäre es ebenfalls von Vorteil, die Patienten über einen längeren Zeitraum zu beobachten und zu prüfen, ob

ein Rückfall in alte Essmuster mit einer Minderung der Duftintensitätswahrnehmung einhergeht. Dies wäre insofern wichtig, da beobachtet wurde, dass der Effekt der BO auf das Essverhalten im Laufe der Zeit nachlässt. Probanden einer Studie von Kittrell et al. bevorzugten ebenfalls zunächst „gesunde“ Lebensmittel und tendierten ca. ein Jahr nach einem RYGB dazu in altes Essverhalten zurückzufallen. Infolgedessen erhöhte sich das KG wieder (Kittrell et al., 2018, S. 10). Diese Beobachtung wird durch die Erkenntnisse von Leahey et al. unterstützt. Sie fanden heraus, dass Nahrungsmittelgelüste unmittelbar nach einem RYGB oder einer SG abnehmen. Sie attribuierten dies dem Verzehr trockener Lebensmittel wie Brot und Nudeln deren Verträglichkeit nach der BO verringert ist. Dies könnte aversive Reaktionen hervorrufen und somit Gelüste mindern. Sie beobachteten außerdem eine signifikante Reduktion des Verlangens der Probanden nach süßen Lebensmitteln. Innerhalb des dritten und sechsten Monats nach der BO stieg das Verlangen jedoch wieder an (Leahey et al., 2012).

Diese Ergebnisse sprechen eindeutig dafür, dass eine Langzeitbeobachtung der Probanden notwendig ist. Andererseits kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Ergebnisse der vorliegenden Studie einen kurzzeitigen und vorübergehenden Effekt des initialen Gewichtsverlustes infolge der BO darstellen.

7 Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie liefern konkrete Hinweise, dass bereits drei Monate nach einer BO deutliche Anzeichen einer verbesserten kardio-vagalen Reaktivität bei Adipositaspatienten feststellbar sind. Sowohl BMI, olfaktorische Leistung als auch HRV-Parameter haben sich infolge der BO gleichsam signifikant verbessert. Auf dieser Basis kann eine positivere kardiale Gesundheitsprognose ausgesprochen werden als vor der BO.

Derzeit ist es nicht möglich zu bestimmen, ob ausschließlich die Steigerung des KGs als kausaler Faktor für die Verschlechterung der Olfaktorik und der HRV verantwortlich ist. Unbestreitbar ist jedoch der enorme Einfluss des Gewichtsverlustes auf die sympatho-vagale Balance und die olfaktorische Wahrnehmung. In diesem Sinne konnte anhand der vorliegenden Studie gezeigt werden, dass die Werte des Riechvermögens und der HRV mit Senkung des KGs parallel zueinander einer Normalisierung entgegenstreben und auf diese Weise zur Wiederherstellung der Homöostase des neurohumoralen Systems beitragen. Die Resensibilisierung des Riechvermögens könnte somit eine nachhaltige Verbesserung des Essverhaltens erwirken, indem wieder verstärkt chemo-rezeptive Steuerungssignale anstelle von visuell-hedonischen Essensantrieben an Dominanz gewinnen.

In weiterführende Studien könnte eine höhere Anzahl an Düften eingesetzt werden, um die Messperiode zu verlängern und ggf. den Habituationseffekt bzgl. der Odorantien zu beobachten. Zudem wäre es interessant, die Patienten über einen längeren Zeitraum zu begleiten und den Langzeiteffekt der BO zu studieren. Die Messung könnte demnach im Zuge der Nachsorgetermine in Monat sechs und anschließend jährlich nach der BO wiederholt werden. Hierbei sollte beobachtet werden, ob das Riechvermögen weiterhin zunimmt oder ob die Ergebnisse dieser Studie einen vorübergehenden Nebeneffekt der BO darstellen. Der Einsatz einer normalgewichtigen Kontrollgruppe wäre ebenfalls in Betracht zu ziehen.

Zusammenfassung

Das Krankheitsbild der Adipositas geht häufig einher mit olfaktorischer Dysfunktion und einer verminderten Herzratenvariabilität (HRV). Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu determinieren, ob die Gewichtsreduktion durch eine bariatrische Operation die Minderung des Riechvermögens und der kardio-vagalen Reaktivität bei adipösen Personen ($\text{BMI} \geq 35 \text{ kg/m}^2$) reversieren kann und ob ein Zusammenhang zwischen der Verbesserung der Olfaktorik und der HRV besteht. Dazu wurde eine klinische Studie mit 13 Patienten des Asklepios Westklinikum Hamburg an einem Tag vor sowie drei Monate nach der bariatrischen Operation durchgeführt. In beiden Sitzungen wurde das Riechvermögen mithilfe von 16 Riechstiften (*Sniffin´Sticks*) getestet und ein 1-Kanal-Elektrokardiogramm (EKG) in sitzender Position unter Ruhebedingung sowie während der Darbietung von vier der 16 Riechstifte abgeleitet. Das subjektive Empfinden der Probanden wurde anhand von Fragebögen festgehalten. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Verringerung des Körpergewichts der Probanden sowie signifikante Verbesserungen der Olfaktorik und der kardio-vagalen Reaktivität infolge der BO. Der Zusammenhang zwischen der Verbesserung des Riechvermögens und der Zunahme der HRV lieferte aufgrund des geringen Stichprobenumfangs keine konsistenten Ergebnisse. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die kardio-vagale Reaktivität im Sinne einer verbesserten kardialen Gesundheitsprognose deutlich verstärkt. Das verbesserte Riechvermögen könnte zudem eine nachhaltige Verbesserung des Essverhaltens bewirken, da wieder verstärkt chemo-rezeptive Steuerungssignale und weniger visuell-hedonische Essensantriebe an Dominanz gewinnen könnten.

Abstract

Symptoms of obesity often include olfactory dysfunction and lowered heart rate variability (HRV). This paper aims to determine if weight reduction induced by bariatric surgery has a reversible effect on lowered olfaction and cardiovascular reactivity in obese patients (BMI \geq 35 kg/m²) as well as to examine the connection between the improvement of olfaction and HRV. Thus, a study was conducted which included 13 patients of the Asklepios Westklinikum Hamburg who were tested before and three months after undergoing bariatric surgery. Data was collected by means of 16 smelling sticks (*Sniffin' Sticks*) as well as a 1-channel-electrocardiogram (ECG) in sitting position during resting mode and during the presentation of four of the 16 smelling sticks. In addition, questionnaires were used to determine the patient's perception of their condition. The results reveal significant weight loss among all patients along with significant enhancement of olfaction and cardiovascular reactivity following bariatric surgery. Due to the small sample size, the connection between the improvement of olfaction and HRV did not deliver any notable results. The overall results indicate that cardiovascular reactivity as part of an improved cardiac health prognosis increases immensely. Furthermore, the improved olfaction could have a sustainable impact on healthy eating patterns due to chemo-receptive control signals potentially dominating over visual-hedonic eating impulses once again.

Literaturverzeichnis

- Adam, M., Imboden, M., Schaffner, E., Boes, E., Kronenberg, F., Pons, M., Bettschart, R., Barthelemy, J.-C., Schindler, C. & Probst-Hensch, N. (2017). The adverse impact of obesity on heart rate variability is modified by a NFE2L2 gene variant: The SAPALDIA cohort. *International Journal of Cardiology*, 228, 341-346. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.11.049
- Ahmed, K., Penney, N., Darzi, A & Purkayastha, S. (2018). Taste Changes after Bariatric Surgery: a Systematic Review. *Obesity Surgery*, 28(10), 3321-3332. doi: 10.1007/s11695-018-3420-8
- ASMBS (2020). *Bariatric Surgery Procedures*. ASMBS. <https://asmbs.org/patients/bariatric-surgery-procedures#sleeve>
- Brandes, R. (2019). Makrozirkulation. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 223–240). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4
- Burghart Messtechnik GmbH (o. J.). Produktkatalog für Riech- und Schmecktests zur Testung des Geruchs- und Geschmackssinns mit Sniffin´ Sticks & Taste Strips.
- Bužga, M., Zavadilová, V., Holéczy, P., Švagera, Z., Švorc, P., Foltys, A. & Zonča, P. (2014). Dietary intake and ghrelin and leptin changes after sleeve gastrectomy. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, 4, 554-561. doi: 10.5114/wiitm.2014.45437
- Camm, A. J., Malik, M., Breithardt, G., Cerutti, S., Cohen, R. J., Coumel, P., Fallen, E. L., Kennedy, H. L., Kleiger, R. E., Lombardi, F., Malliani, A., Moss, A. J., Rottman, J. N., Schmidt, G., Schwartz, P. J. & Singer, D. H. (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381.
- Capasso, M., Franceschi, M., Rodriguez-Castro, K. I., Crafa, P., Cambiè, G., Miraglia, C., Barchi, A., Nouvenne, A., Leandro, G., Meschi, T., de´Angelis, G. L. & Di Mario, F. (2018). Epidemiology and risk factors of pancreatic cancer. *Acta Biomed*, 89(9), 141-146. doi: 10.23750/abm.v89i9-S.7923
- Deutsche Adipositas-Gesellschaft (DAG) e. V. (2014). Interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas“: Der Deutschen Adipositas-Gesellschaft e.V.; der Deutschen Diabetes Gesellschaft; der Deutschen

- Gesellschaft für Ernährung e.V.; der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin e.V. Version 2.0 (April 2014); AWMF-Register Nr. 050-001. Adipositas - Ursachen, Folgeerkrankungen, Therapie. doi: 10.1055/s-0037-1618857
- Daut, J. (2019). Herzmechanik. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 165–186). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4
- Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) e. V. (2018). S3-Leitlinie: Chirurgie der Adipositas und metabolischer Erkrankungen. Version 2.3 (Februar 2018) AWMF-Register Nr. 088-001
- Doty, R. L. & Cameron, E. L. (2009). Sex differences and reproductive hormone influences on human odor perception. *Physiology & Behavior*, 97(2), 213–228. doi: 10.1016/j.physbeh.2009.02.032
- Ernst, G. (2017). Heart-Rate Variability—More than Heart Beats?. *Frontiers in Public Health*, 5, 1-12. doi: 10.3389/fpubh.2017.00240
- Guarino, D., Nannipieri, M., Iervasi, G., Taddei, S. & Bruno, R. M. (2017). The Role of the Autonomic Nervous System in the Pathophysiology of Obesity. *Frontiers in Psychology*, 8(665), 1-16. doi: 10.3389/fphys.2017.00665
- Haftenberger, M., Mensink, G. B. M., Herzog, B., Kluttig, A., Greiser, K. H., Merz, B., Nöthlings, U., Schlesinger, S., Vogt, S., Thorand, B., Peters, A., Ittermann, T., Völzke, H., Schipf, S., Neamat-Allah, J., Kühn, T., Kaaks, R., Bachlechner, U., Scheidt-Nave, S. & Schienkiewitz, A. (2016). Changes in body weight and obesity status in German adults: results of seven population-based prospective studies. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70, 300-305. doi: 10.1038/ejcn.2015.179
- Hanci, D., Altun, H., Altun, H., Batman, B., Karip, A. B. & Serin, K. R. (2016). Laparoscopic Sleeve Gastrectomy Improves Olfaction Sensitivity in Morbidly Obese Patients. *Obesity Surgery*, 26(3), 558–562. doi: 10.1007/s11695-015-1784-6
- Hatt, H. (2019). Geruch. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 781–788). Springer Berlin Heidelberg. doi: 1007/978-3-662-56468-4
- Hauner, H. (2009). Das Metabolische Syndrom – eine Herausforderung für die Ernährungsmedizin. *Ernährungs Umschau*, 56(4), 216-221.

- Holinski, F., Menenakos, C., Haber, G., Olze, H. & Ordemann, J. (2015). Olfactory and Gustatory Function After Bariatric Surgery. *Obesity Surgery*, 25(12), 2314–2320. doi: 10.1007/s11695-015-1683-x
- Hoos, O. (2019). Herzratenvariabilität. In Frass, M. & Krenner, L. (Hrsg.), *Integrative Medizin: Evidenzbasierte komplementärmedizinische Methoden* (S. 182–197). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-48879-9
- Hubert, P. A., Pappasavas, P., Stone, A., Swede, H., Huedo-Medina, T. B., Tishler, D. & Duffy, V. B. (2019). Associations between Weight Loss, Food Likes, Dietary Behaviors, and Chemosensory Function in Bariatric Surgery: A Case-Control Analysis in Women. *Nutrients*, 11(804), 1-23. doi: 10.3390/nu11040804
- Huggenberger, S., Moser, N., Schröder, H., Cozzi, B., Granato, A. & Merighi, A. (2019a). Autonomes Nervensystem: viszeromotorische Bahnen. In Huggenberger, S., Moser, N., Schröder, H., Cozzi, B., Granato, A. & Merighi, A. (Hrsg.), *Neuroanatomie des Menschen* (S. 156-164). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56461-5
- Huggenberger, S., Moser, N., Schröder, H., Cozzi, B., Granato, A. & Merighi, A. (2019b). Olfaktorisches und limbisches System. In Huggenberger, S., Moser, N., Schröder, H., Cozzi, B., Granato, A. & Merighi, A. (Hrsg.), *Neuroanatomie des Menschen* (S. 120-124). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56461-5
- Jacobson, A., Green, E., Haase, L., Szajer, J. & Murphy, C. (2019). Differential Effects of BMI on Brain Response to Odor in Olfactory, Reward and Memory Regions: Evidence from fMRI. *Nutrients*, 11(926), 1-20. doi: 10.3390/nu11040926
- Jänig, W. (2019). Regulation von Metabolismus und Nahrungsaufnahme. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 551–560). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4
- Jänig, W. & Baron, R. (2019). Peripheres vegetatives Nervensystem. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 879–891). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4
- Jänig, W. & Vaupel, P. (2019). Allgemeine Aspekte des Gastrointestinaltrakts. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 471–485). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4

- Karason, K., Mølgaard, H., Wikstrand, J. & Sjöström, L. (1999). Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss. *The American Journal of Cardiology*, 83(8), 1242–1247. doi: 10.1016/S0002-9149(99)00066-1
- Kindleysides, S., Beck, K., Walsh, D., Henderson, L., Jayasinghe, S., Golding, K. & Breier, B. (2017). Fat Sensation: Fatty Acid Taste and Olfaction Sensitivity and the Link with Disinhibited Eating Behaviour. *Nutrients*, 9(879),1-21. doi: 10.3390/nu9080879
- Kittrell, H., Graber, W., Mariani, E., Czaja, K., Hajnal, A. & Di Lorenzo, P. M. (2018). Taste and odor preferences following Roux-en-Y surgery in humans. *PLOS ONE*, 13(7), 1-13. doi: 10.1371/journal.pone.0199508
- Klein, S., Krupka, S., Behrendt, S., Pulst, A. & Bleß, H.-H. (2016). Weißbuch Adipositas Versorgungssituation in Deutschland: Gutachten für Johnson & Johnson Medical GmbH.
- Klöcker, N. & Piper, H. M. (Hrsg.). (2019). Herzregung. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 187–198). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4
- Kong, I. G., Kim, S. Y., Park, B., Kim, J.-H., Choi, H. G. & Min, K.-J. (2016). Olfactory Dysfunction Is Associated with the Intake of Macronutrients in Korean Adults. *PLOS ONE*, 11(10), 1-10. doi: 10.1371/journal.pone.0164495
- Leahey, T. M., Bond, D. S., Raynor, H., Roye, D., Vithianathan, S., Ryder, B. A., Sax, H. C. & Wing, R. R. (2012). Effects of bariatric surgery on food cravings: Do food cravings and the consumption of craved foods “normalize” after surgery? *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 8(1), 84–91. doi: 10.1016/j.soard.2011.07.016
- MacLean, P. S., Blundell, J. E., Mennella, J. A. & Batterham, R. L. (2017). Biological control of appetite: A daunting complexity: Biological Control of Appetite. *Obesity*, 25, 8–16. doi: 10.1002/oby.21771
- Mechanick, J. I., Youdim, A., Jones, D. B., Garvey, W. T., Hurley, D. L., McMahon, M. M., Heinberg, L. J., Kushner, R., Adams, T. D., Shikora, S., Dixon, J. B. & Brethauer, S. (2013). Clinical Practice Guidelines for the Perioperative Nutritional, AACE/TOS/ASMBS Guidelines. Metabolic, and Nonsurgical Support of the Bariatric Surgery Patient—2013 Update: Cosponsored by American Association of Clinical Endocrinologists, The Obesity Society, and American Society for Metabolic

& Bariatric Surgery. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 9, 159-191. doi: 10.1016/j.soard.2012.12.010

- Muscate, A. (2017). Wie wirkt Riechen auf die Herzschlagfolge? Eine experimentelle Studie zum Einfluss von Nahrungsbezug und hedonischer Valenz von Odorantien in Abhängigkeit von Geschlecht, BMI und Hungrigkeit. (Veröffentlichte Bachelorarbeit). Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
- Müller, M. J., Maier, H. & Mann, R. (2007). *Nationaler Aktionsplan gegen das Übergewicht*. Initiative der Deutschen Adipositas-Gesellschaft e. V.
- Narcisco, J., Silva, A. J., Rodrigues, V., Monteiro, M. J., Almeida, A., Saavedra, R. & Costa, A. M. (2019). Behavioral, contextual and biological factors associated with obesity during adolescence: A systematic review. *PLOS ONE*, 14(4), 1-20. doi: 10.1371/journal.pone.0214941
- Nault, I., Nadreau, E., Paquet, C., Brassard, P., Marceau, P., Marceau, S., Biron, S., Hould, F., Lebel, S., Richard, D. & Poirier, P. (2007). Impact of bariatric surgery-induced weight loss on heart rate variability. *Metabolism*, 56(10), 1425–1430. doi: 10.1016/j.metabol.2007.06.006
- Okamoto, L. E., Raj, S. R., Gamboa, A., Shibao, C. A., Arnold, A. C., Garland, E. M., Black, B. K., Farley, G., Diedrich A. & Biaggioni, I. (2015). Sympathetic activation is associated with increased IL-6, but not CRP in the absence of obesity: lessons from postural tachycardia syndrome and obesity. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 309(12), H2098-H2107. doi: 10.1152/ajpheart.00409.2015
- Patel, Z. M., DelGaudio, J. M. & Wise, S. K. (2015). Higher Body Mass Index Is Associated with Subjective Olfactory Dysfunction. *Behavioural Neurology*, 2015, 1–4. doi: 10.1155/2015/675635
- Poirier, P., Bogaty, P., Philippon, F., Garneau, C., Fortin, C. & Dumesnil, J.-G. (2003). Preclinical Diabetic Cardiomyopathy: Relation of Left Ventricular Diastolic Dysfunction to Cardiac Autonomic Neuropathy in Men With Uncomplicated Well-Controlled Type 2 Diabetes. *Metabolism*, 52(8), 1056-1061. doi: 10.1016/S0026-0495(03)00091-X
- Rohrbach, S. & Piper, H. M. (Hrsg.). (2019). Elektrokardiogramm. In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 199–210). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4

- Rolls, E. (2005). Taste, olfactory, and food texture processing in the brain, and the control of food intake. *Physiology & Behavior*, 85(1), 45–56. doi: 10.1016/j.physbeh.2005.04.012
- Rolls, E. T. (2019). Taste and smell processing in the brain. *Handbook of Clinical Neurology*, 164, 97-118. doi: 10.1016/B978-0-444-63855-7.00007-1
- Rolls, E. & Rolls, J. (1997). Olfactory Sensory-Specific Satiety in Humans. *Physiology & Behavior*, 61(2), 461-473. doi: 10.1016/S0031-9384(96)00464-7
- Sammito, S., Thielmann, B., Seibt, R., Klussmann, A., Weippert, M. & Böckelmann, I. (2014). 002/042 – S2k-Leitlinie : Nutzung der Herzschlagfrequenz und der Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin und Arbeitswissenschaft. AWMF-Register Nr. 002/042
- Schünke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. (2018). Prometheus Lernatlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. (5. Aufl.). Georg Thieme Verlag.
- Shaffer, R., McCraty, R. & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: An integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, 5, 1–19. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01040
- Sjöström, L. (2013). Review of the key results from the Swedish Obese Subjects (SOS) trial - a prospective controlled intervention study of bariatric surgery. *Journal of Internal Medicine*, 273(3), 219-234. doi: 10.1111/joim.12012
- Stafford, L. D. & Whittle, A. (2015). Obese Individuals Have Higher Preference and Sensitivity to Odor of Chocolate. *Chemical Senses*, 40(4), 279-284. doi: 10.1093/chemse/bjv007
- Stevenson, R., Brookes, R. A. & Wilson, J. P. (2000). Resistance to extinction of conditioned odor perceptions: Evaluative conditioning is not unique. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(2), 423-440. doi: 10.1037/0278-7393.26.2.423
- Sun, X., Veldhuizen, M. G., Babbs, A. E., Sinha, R. & Small, D. M. (2016). Perceptual and Brain Response to Odors Is Associated with Body Mass Index and Postprandial Total Ghrelin Reactivity to a Meal. *Chemical Senses*, 41(3), 233-248. doi: 10.1093/chemse/bjv081
- Tarvainen, M. P., Lipponen, J., Niskanen, J.-P. & Ranta-aho, P. O. (2020). *Kubios HRV User's Guide (ver. 3.4)*. Kubios Oy.

- Tremmel, M., Gerdtham, U.-G., Nilsson, P. & Saha, S. (2017). Economic Burden of Obesity: A Systematic Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(4), 1-18. doi: 10.3390/ijerph14040435
- Tsuji, H., Larson, M. G., Venditti, F. J., Manders, E. S., Evans, J. C., Feldman, C. L. & Levy, D. (1996). Impact of Reduced Heart Rate Variability on Risk for Cardiac Events. The Framingham Heart Study. *Circulation*, 94(11), 2850–2855. doi: 10.1161/01.CIR.94.11.2850
- Ulusoy, S., Dinc, M. E., Dalgic, A., Topak, M., Dizdar, D. & İs, A. (2017). Are people who have a better smell sense, more affected from satiation? *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 83(6), 640–645. doi: 10.1016/j.bjorl.2016.08.011
- Vaupel, P. & Jänig, W. (2019). Oberer Gastrointestinaltrakt (GIT). In Brandes, R., Lang, F. & Schmidt, R. F. (Hrsg.), *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie* (S. 486–499). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56468-4
- Warnke, C., Havla, J., Kitzerow, M., Biesalski, A. & Knauss, S. (2019). Entzündliche Erkrankungen. In Sturm, D., Biesalski, A.-S. & Höffken, O. (Hrsg.), *Neurologische Pathophysiologie: Ursachen und Mechanismen neurologischer Erkrankungen* (S. 53–98). Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-56784-5
- World Health Organization (WHO) (2004). Global strategy on diet, physical activity and health.
- World Health Organization (WHO) (2020a). *Obesity and overweight*. WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- World Health Organization (WHO) (2020b). *Body Mass Index – BMI*. WHO. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Nina Pfeiffer, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den



Anhang

Tab. 5: Schlagworte zur Identifizierung relevanter Literatur

Datenbank	Schlagworte
Pubmed (n = 736)	(obesity AND smell: 12), (obesity AND olfactory: 17), (obesity AND autonomic nervous system: 69), (olfactory AND heart rate variability: 3), (olfactory AND weight: 43), (olfactory AND dysfunction: 261), (heart rate variability AND weight: 213), (heart rate variability AND obesity: 107), (heart rate variability AND bariatric: 5), (heart rate variability AND roux-en-Y bypass: 0), (heart rate variability AND sleeve: 2), (olfactory AND sleeve: 2), (olfactory AND roux-en-Y bypass: 1) (cephalic phase: 1)
HAW-Katalog (n = 454 → 448 Artikel, 6 Bücher)	((obesity OR bariatric) AND (autonomic nervous system OR olfactory OR heart rate variability OR smell))
Chemical Senses (n = 39)	(olfact AND obesity: 31), (olfact AND bariatric: 1), (olfact AND heart rate variability: 17)

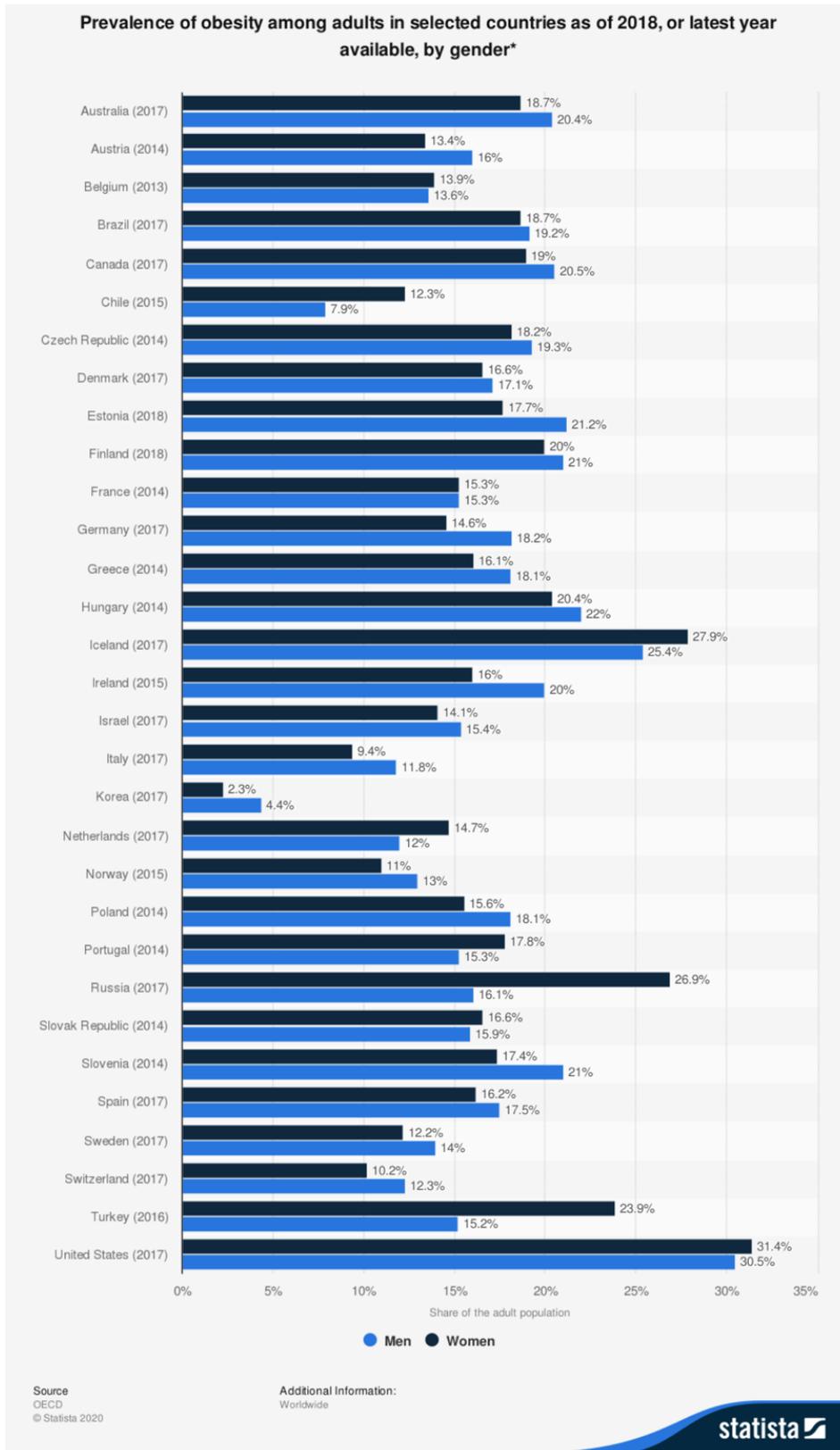


Abb. 26: Prevalence of obesity among adults in selected countries as of 2018 or latest year available by gender (Statista 2020b)

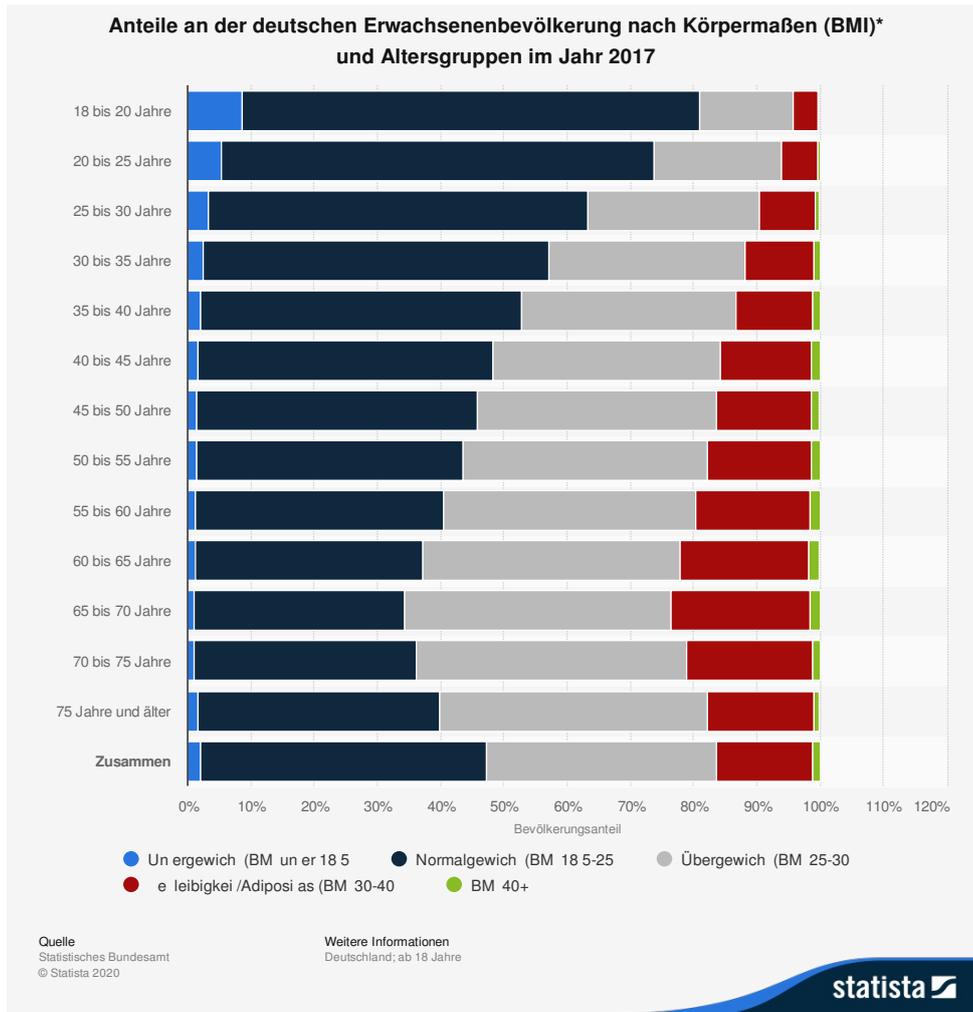


Abb. 27: Anteile an der deutschen Erwachsenenbevölkerung nach Körpermaßen (BMI)* und Altersgruppen im Jahr 2017 (Statista 2020a)

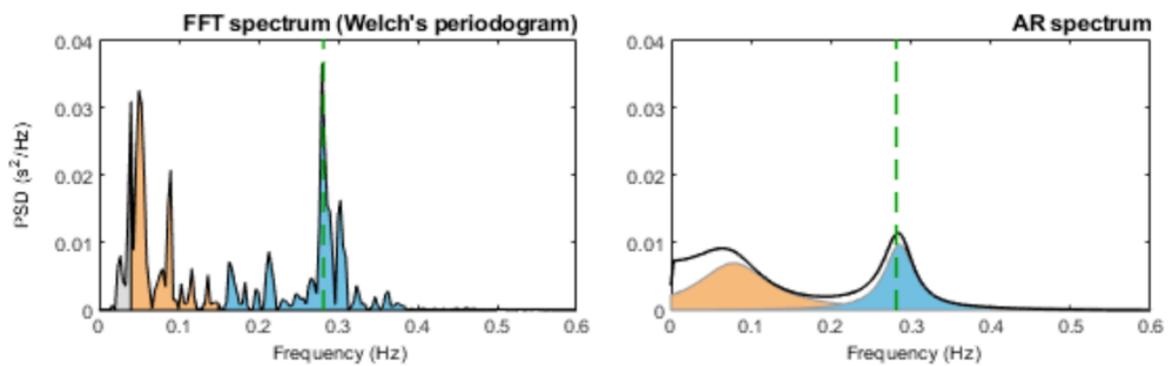


Abb. 28: Beispiele eines FFT- und eines AR-Spektrums (Tarvainen et al. 2020 S. 19)

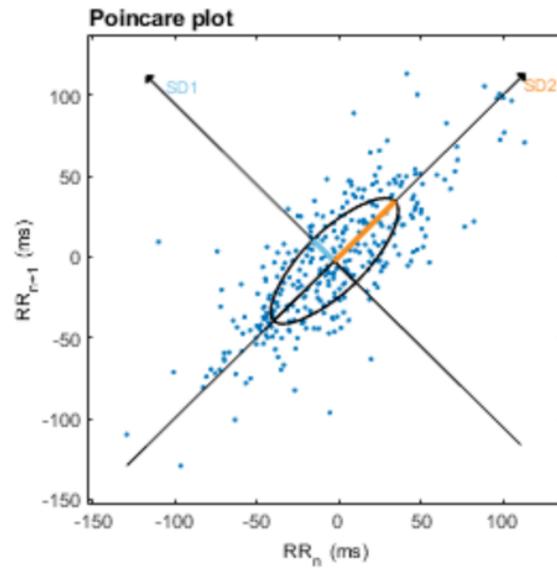


Abb. 29: Beispiel eines Poincaré Plots (Tarvainen et al. 2020 S. 19)

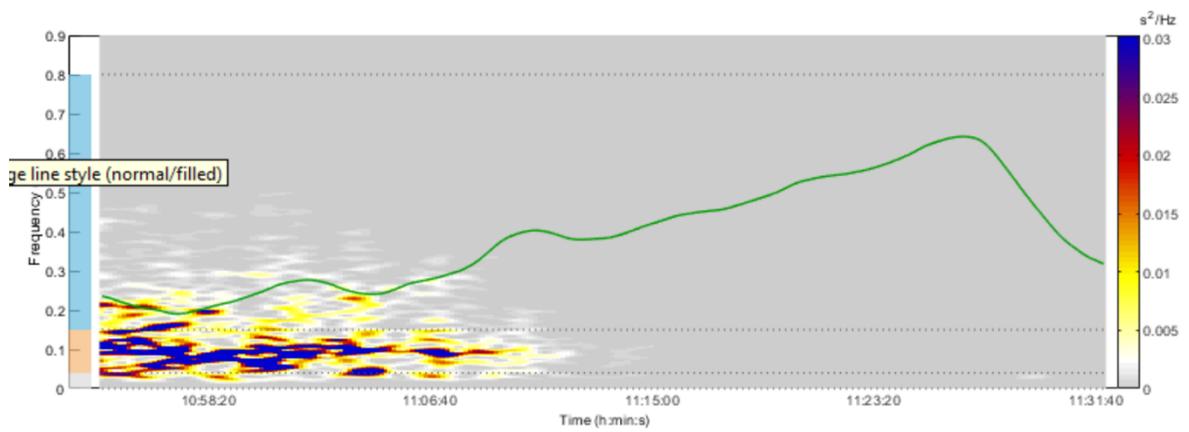


Abb. 30: Beispiel einer zeitvariablen HRV-Analyse (Tarvainen et al. 2020 S. 20)

Tab. 6: Probandenliste inkl. Status (ausgeschlossen Drop-Out eingeschlossen nicht abgeschlossen)

Proband	Name	Status
00	Olf-019-001	Unzureichende Daten, daher keine Berücksichtigung
00	Olf-019-002	
00	Olf-019-003	
01	Olf-019-004	Drop-Out
02	Olf-019-005	Alle Daten vorhanden und in Auswertung einbezogen
03	Olf-019-006	
04	Olf-019-007	
05	Olf-019-008	
06	Olf-019-009	
07	Olf-019-010	
08	Olf-019-011	
09	Olf-019-012	
10	Olf-019-013	Alle Daten vorhanden und in Auswertung einbezogen
11	Olf-019-014	
12	Olf-019-015	
13	Olf-019-016	Drop-Out
14	Olf-019-017	Alle Daten vorhanden und in Auswertung einbezogen
15	Olf-019-018	
16	Olf-019-019	
17	Olf-019-020	Aufgrund der COVID-19-Pandemie nicht abgeschlossen
18	Olf-019-021	
19	Olf-019-022	
20	Olf-019-023	
21	Olf-019-024	
22	Olf-019-025	
23	Olf-019-026	
24	Olf-019-027	

Tab. 7: Eingenommene Medikamente der Teilnehmer dieser Studie

Typ	Bezeichnung
Antihypertonika	Ramipril/Ramilich, Bisoprolol, Exforge, Candersartan, Torasemid
Insulin	Humalog, Lantus
Antidiabetika	Metformin, Forxiga
Statine	Simvastatin, Atorvastatin
Schmerzmittel	ASS, Diclofenac, Novalminsulfon, Palexia, Ibuprofen, Lyrica, Oxycodon
Antirheumatika	Etoricoxib
Prokinetika	Domperidon
Antikonvulsiva	Pregabador, Gabapentin, Topiramal
Antidepressiva	Duloxetin, Cymbalta, Mirtazapin, Fluoxetin
Hormone	Kontrazeptiva, L-Thyroxin, Vitamin D
Antihistaminika	Dasselta, Ebastin
pulmonale Medikamente	Junik, Inuvair, Mometa Nasenspray
Antazida	Esomeprazol, Maalox, Omeprazol
Weitere	Pantovigar
Nahrungser- gänzungsmittel	Eiweiß, Vitamin B ₁₂ , Doppelherz A-Z

Fragebögen

FRAGEBOGEN 01

Name: _____

Datum (heute): _____

Datum der bariatrischen Operation: _____

(Ihr Name wird lediglich für die Zuordnung am ersten und zweiten Versuchstag benötigt. Anschließend werden Ihre Daten anonymisiert ausgewertet)

Nahrungsmittelauswahl			Anmerkungen
1. Was mögen Sie lieber?	• Süßes	• Herzhaftes	
2. Welches Gericht oder Nahrungsmittel essen Sie am liebsten?			
3. Sind Sie allergisch gegen bestimmte Lebensmittel?	• Nein	• Ja ...ich reagiere auf folgende Lebensmittel allergisch:	
4. Können Sie sich bei einem leckeren Duft nur schwer vom Essen zurückhalten, auch wenn Sie vor kurzer Zeit erst gegessen habe?	• Nein	• Ja ...und zwar bei folgenden Lebensmitteln:	

1

Medikamente und Nahrungsergänzungsmittel			Anmerkungen
5. Nehmen Sie regelmäßig oder bei Bedarf Medikamente und / oder Nahrungsergänzungsmittel (z. B. Vitamine) ein?	• Nein	• Ja ...ich nehme folgende Medikamente und/oder Nahrungsergänzungsmittel ein:	

Angaben zur Person			Anmerkungen
6. Geschlecht	• männlich	• weiblich	
7. Alter			
8. Größe (in cm)			
9. Gewicht (in kg)			
10. Rauchen Sie?	• nein	• ja	
11. Haben Sie früher geraucht?	• nein	• ja	
12. Schnarchen Sie nachts?	• nein	• ja	
13. Welcher Eingriff wird bei Ihnen im vorgenommen (verstellbares Magenband, Magenbypass, Schlauchmagen oder biliopankreatische Diversion)?			

2

Körperliche Aktivität					Anmerkungen
14. Wie oft treiben Sie pro Woche Sport?	• 0-1 mal pro Woche	• 2-3 mal pro Woche	• 4-5 mal pro Woche	• 6-7 mal pro Woche	
15. Wie würden Sie ihre tägliche körperliche Aktivität beschreiben?	• Ausschließlich sitzende oder liegende Lebensweise	• Ausschließlich sitzende Tätigkeit mit wenig oder keiner anstrengenden Freizeitaktivität	• Sitzende Tätigkeit, zeitweilig auch zusätzlicher Energieaufwand für gehende und stehende Tätigkeiten; wenig oder keine anstrengende Freizeitaktivität	• Überwiegend gehende und stehende Arbeit	• Körperlich anstrengende berufliche Arbeit oder sehr aktive Freizeitaktivität

Erkrankungen			Anmerkungen	
16. Haben Sie eine der folgenden Erkrankungen? Bitte kreuzen Sie Zutreffendes an:	<ul style="list-style-type: none"> • Diabetes <ul style="list-style-type: none"> • Typ 1 • Typ 2 • Bluthochdruck/ erhöhte Cholesterinwerte • Erhöhte Harnsäure/Gicht • Herzerkrankungen • Schlafapnoe-Syndrom (Atemstörungen während der Nacht) 		<ul style="list-style-type: none"> • Migräne • Anosmie (Riechverlust) • Alkoholismus • Depression • andere neurologische und psychiatrische Erkrankungen • Heuschnupfen/Asthma 	
17. Tragen Sie einen Herzschrittmacher?	• Nein	• Ja		
18. Wurden Sie bereits am Herzen operiert?	• Nein	• Ja		

3

Abb. 31: Fragebogen - Qualifikation (beide Geschlechter)

FRAGEBOGEN – Versuchstag 1

Name: _____ Datum: _____

(Ihr Name wird lediglich für die Zuordnung am ersten und zweiten Versuchstag benötigt. Anschließend werden Ihre Daten anonymisiert ausgewertet)
Info: Bitte markieren Sie bei Frage 1, 2, 4 und 5 die betreffende Stelle auf der Skala.

Wohlbefinden	Anmerkungen
1. Auf einer Skala von 1-10, wie fühlen Sie sich gerade?	
2. Auf einer Skala von 1-10, wie gut haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?	
3. Wie viele Stunden schlafen Sie durchschnittlich pro Nacht?	
4. Auf einer Skala von 1-10, wie entspannt fühlen Sie sich gerade?	
5. Auf einer Skala von 1-10, wie satt fühlen Sie sich gerade?	
6. Sind Sie derzeit schwanger?	• ja
7. Nehmen Sie die Pille?	• ja
8. Wann war Ihre letzte Periode?	

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Abb. 32: Fragebogen - Versuchstag 1 (Frauen)

FRAGEBOGEN – Versuchstag 2

Name: _____

Datum: _____

(Ihr Name wird lediglich für die Zuordnung am ersten und zweiten Versuchstag benötigt. Anschließend werden Ihre Daten anonymisiert ausgewertet)
 Info: Bitte markieren Sie bei Frage 1, 2, 4 und 5 die betreffende Stelle auf der Skala.

Wohlbefinden	Anmerkungen
1. Auf einer Skala von 1-10, wie fühlen Sie sich gerade?	
2. Auf einer Skala von 1-10, wie gut haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?	
3. Wie viele Stunden schlafen Sie durchschnittlich pro Nacht?	
4. Auf einer Skala von 1-10, wie entspannt fühlen Sie sich gerade?	
5. Auf einer Skala von 1-10, wie satt fühlen Sie sich gerade?	
Veränderungen seit der Operation	
6. Welche körperlichen Veränderungen haben Sie seit der bariatrischen Operation festgestellt?	

FRAGEBOGEN – Versuchstag 1

Name: _____

Datum: _____

(Ihr Name wird lediglich für die Zuordnung am ersten und zweiten Versuchstag benötigt. Anschließend werden Ihre Daten anonymisiert ausgewertet)
 Info: Bitte markieren Sie bei Frage 1, 2, 4 und 5 die betreffende Stelle auf der Skala.

Wohlbefinden	Anmerkungen
1. Auf einer Skala von 1-10, wie fühlen Sie sich gerade?	
2. Auf einer Skala von 1-10, wie gut haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?	
3. Wie viele Stunden schlafen Sie durchschnittlich pro Nacht?	
4. Auf einer Skala von 1-10, wie entspannt fühlen Sie sich gerade?	
5. Auf einer Skala von 1-10, wie satt fühlen Sie sich gerade?	

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Abb. 33: Fragebogen - Versuchstag 1 (Männer)

FRAGEBOGEN – Versuchstag 2

Name: _____

Datum: _____

(Ihr Name wird lediglich für die Zuordnung am ersten und zweiten Versuchstag benötigt. Anschließend werden Ihre Daten anonymisiert ausgewertet)

Info: Bitte markieren Sie bei Frage 1, 2, 4 und 5 die betreffende Stelle auf der Skala.

Wohlbefinden	Anmerkungen
1. Auf einer Skala von 1-10, wie fühlen Sie sich gerade?	
2. Auf einer Skala von 1-10, wie gut haben Sie in der letzten Nacht geschlafen?	
3. Wie viele Stunden schlafen Sie durchschnittlich pro Nacht?	
4. Auf einer Skala von 1-10, wie entspannt fühlen Sie sich gerade?	
5. Auf einer Skala von 1-10, wie satt fühlen Sie sich gerade?	
Veränderungen seit der Operation	
6. Welche körperlichen Veränderungen haben Sie seit der bariatrischen Operation festgestellt?	

1

7. Inwiefern haben sich seit der Operation Ihre Nahrungsmittelvorlieben verändert?	
8. Welches Gericht oder Nahrungsmittel essen Sie nun am liebsten?	
9. Aus welchem Grund wählen Sie nun andere Lebensmittel aus?	
10. Sind Sie derzeit schwanger?	<ul style="list-style-type: none"> • nein • ja
11. Nehmen Sie die Pille?	<ul style="list-style-type: none"> • nein • ja
12. Wann war Ihre letzte Periode?	

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

2

Abb. 34: Fragebogen - Versuchstag 2 (Frauen)

7. Inwiefern haben sich seit der Operation Ihre Nahrungsmittelvorlieben verändert?		
8. Welches Gericht oder Nahrungsmittel essen Sie nun am liebsten?		
9. Aus welchem Grund wählen Sie nun andere Lebensmittel aus?		

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Abb. 35: Fragebogen - Versuchstag 2 (Männer)

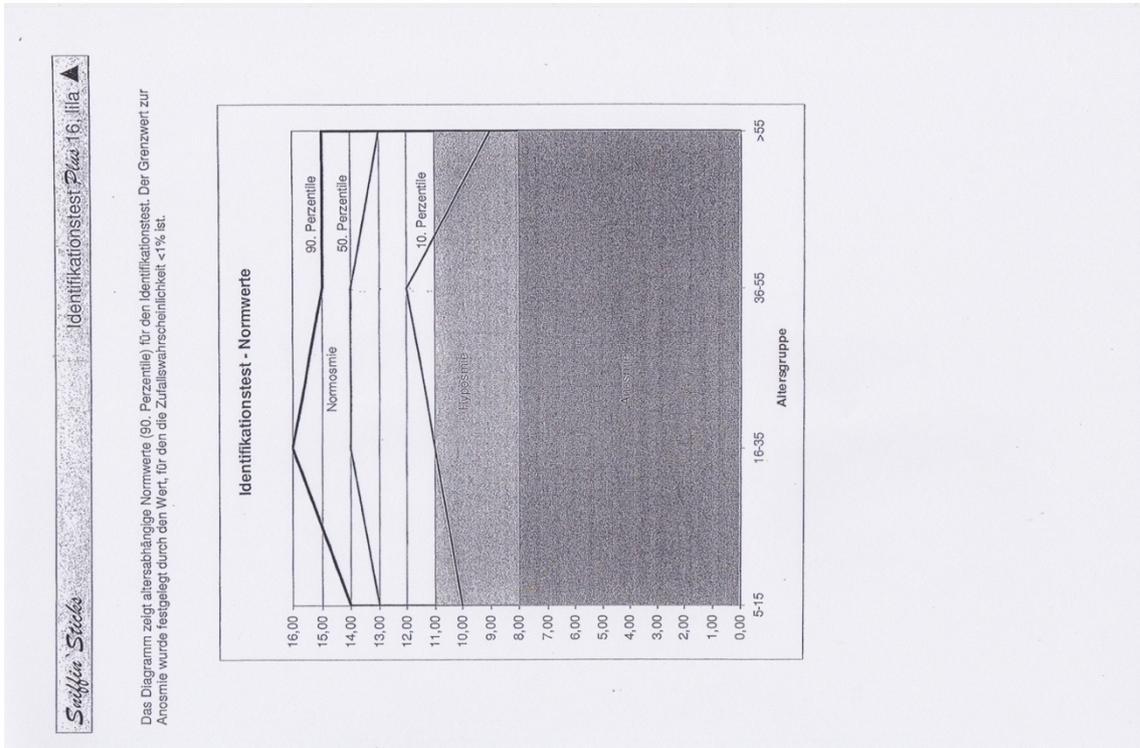


Abb. 36: Identifikationstest – Normwerte

Tab. 8: Gerüche des Identifikationstests Plus 16 lila (Aromamischungen) (Burghart Messtechnik GmbH o. J.)

Stift-Nr.	Duftstoff
1	Birne
2	Cola
3	Flieder
4	Grapefruit
5	Gras
6	Himbeer
7	Eukalyptus
8	Ingwer
9	Kokos
10	Lavendel
11	Melone
12	Pfirsich
13	Pilz
14	Geräuchertes
15	Karamell
16	Zwiebel

Datum, Uhrzeit _____, _____

Alter _____

Name _____

Geschlecht m w

Identifikationstest Plus 16, lila ▲

linksseitige Testung

1	Pfefferminz	Birne	Petersilie	Orange
2	Cola	Apfel	Gummibär	Zitrone
3	Minze	Fichte	Flieder	Schnittlauch
4	Pfirsich	Grapefruit	Weintraube	Erdbeere
5	Rose	Sauerkraut	Möhre	Gras
6	Pflaume	Melone	Himbeere	Orange
7	Eukalyptus	Zitrone	Lakritz	Fichte
8	Paprika	Vanille	Ingwer	Pfeffer

9	Zimt	Schokolade	Erdnuss	Kokos
10	Gras	Fichte	Lavendel	Rose
11	Zitrone	Johannisb.	Orange	Melone
12	Kirsche	Pfirsich	Apfel	Erdbeere
13	Knoblauch	Pilze	Schinken	Holz
14	Geräuchert.	Leder	Zigarette	Salami
15	Kekse	Orange	Gummibär	Karamell
16	Pfeffer	Muskat	Zwiebel	Senf

rechtsseitige Testung

1	Pfefferminz	Birne	Petersilie	Orange
2	Cola	Apfel	Gummibär	Zitrone
3	Minze	Fichte	Flieder	Schnittlauch
4	Pfirsich	Grapefruit	Weintraube	Erdbeere
5	Rose	Sauerkraut	Möhre	Gras
6	Pflaume	Melone	Himbeere	Orange
7	Eukalyptus	Zitrone	Lakritz	Fichte
8	Paprika	Vanille	Ingwer	Pfeffer

9	Zimt	Schokolade	Erdnuss	Kokos
10	Gras	Fichte	Lavendel	Rose
11	Zitrone	Johannisb.	Orange	Melone
12	Kirsche	Pfirsich	Apfel	Erdbeere
13	Knoblauch	Pilze	Schinken	Holz
14	Geräuchert.	Leder	Zigarette	Salami
15	Kekse	Orange	Gummibär	Karamell
16	Pfeffer	Muskat	Zwiebel	Senf

Ergebnisse (Summe der korrekten Identifikationen)

links

rechts

beidseitige Testung

1	Pfefferminz	Birne	Petersilie	Orange
2	Cola	Apfel	Gummibär	Zitrone
3	Minze	Fichte	Flieder	Schnittlauch
4	Pfirsich	Grapefruit	Weintraube	Erdbeere
5	Rose	Sauerkraut	Möhre	Gras
6	Pflaume	Melone	Himbeere	Orange
7	Eukalyptus	Zitrone	Lakritz	Fichte
8	Paprika	Vanille	Ingwer	Pfeffer

9	Zimt	Schokolade	Erdnuss	Kokos
10	Gras	Fichte	Lavendel	Rose
11	Zitrone	Johannisb.	Orange	Melone
12	Kirsche	Pfirsich	Apfel	Erdbeere
13	Knoblauch	Pilze	Schinken	Holz
14	Geräuchert.	Leder	Zigarette	Salami
15	Kekse	Orange	Gummibär	Karamell
16	Pfeffer	Muskat	Zwiebel	Senf

Ergebnis (Summe der korrekten Identifikationen)

beidseits

Protokoll/Verfahren:

Abb. 37: Duftauswahlmöglichkeiten (Burghart Messtechnik GmbH o. J.)

Tab. 9: Anpassung der Kubios-Preferences Die Tabelle zeigt die notwendigen Anpassungen, die an den Voreinstellungen der Software Kubios vor Auswertung der EKG-Daten vorgenommen wurden

Kategorie	Parameter	Auswahl
Input data & pre-processing	Artifact correction method	Automatic correction
	Detrending method	smoothn priors
	smoothing parameter	500
Analysis options	Number of samples	1 bzw. 5
	Default samples length	300 s bzw. 60 s
	Sample analysis type	Single samples bzw. Merged Samples (zur Erstellung der <i>merged samples</i> für Odor 1, 2, 3 und 4)
- Time-/frequency-domain	Window width	360 s
	AR Model order	32
- Time-varying	Window width	30 s

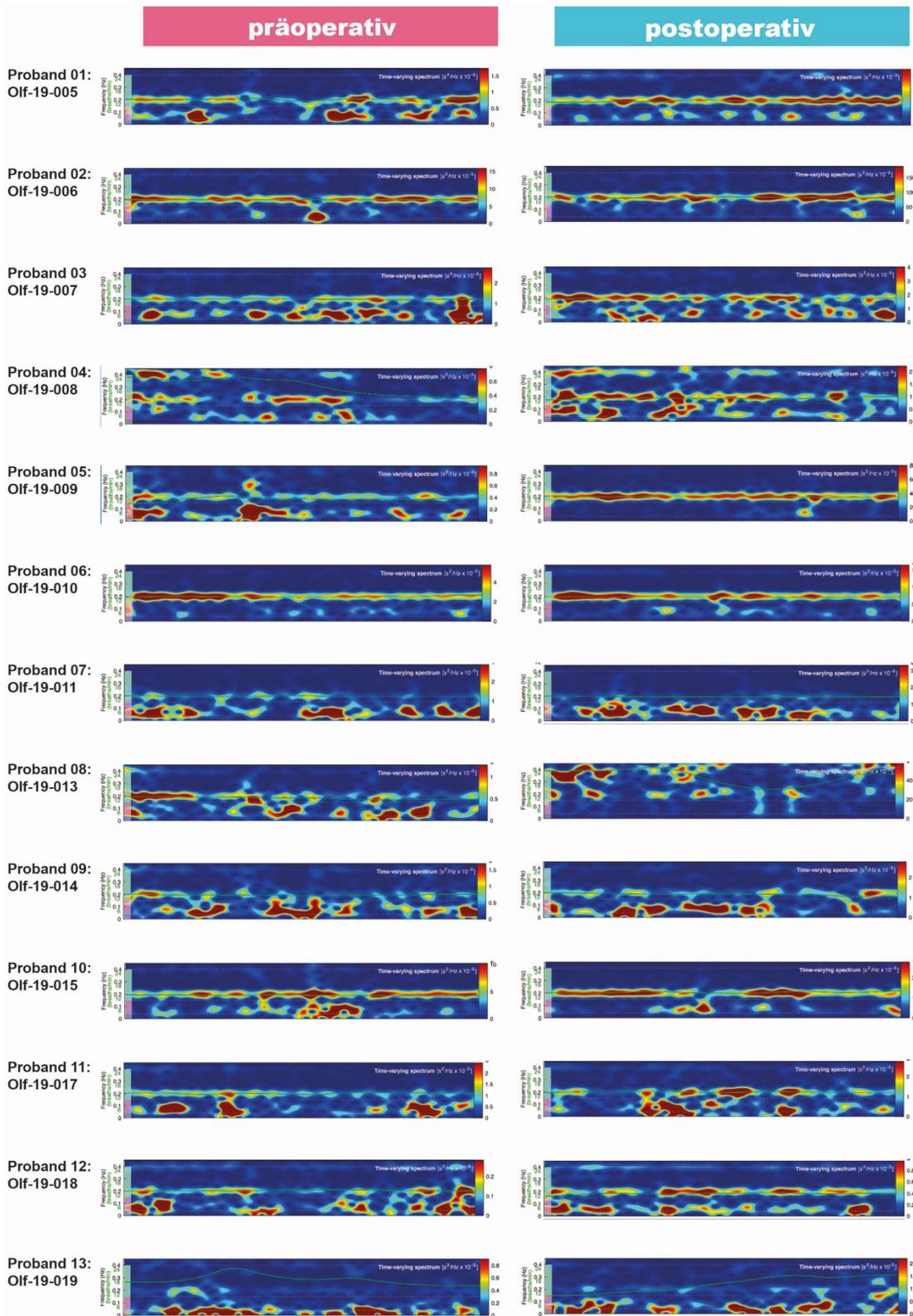
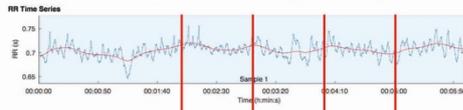


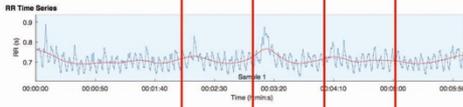
Abb. 38: Zeitvariables Spektrum über den Verlauf der gesamten Messdauer Berücksichtigt wurde die gesamte Messperiode von sechs Minuten vorher/Nachher-Vergleich. Die Abbildung zeigt die Synchronisation der sympatho-vagen Balance mit der Atmung.

präoperativ

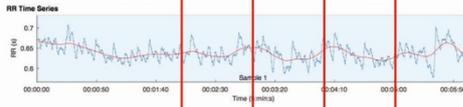
Proband 01:
Olf-19-005



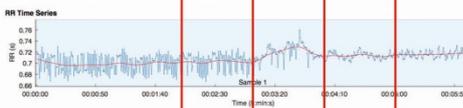
Proband 02:
Olf-19-006



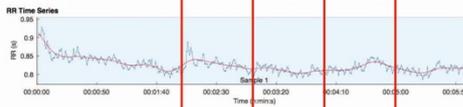
Proband 03:
Olf-19-007



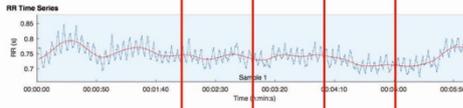
Proband 04:
Olf-19-008



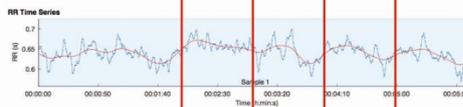
Proband 05:
Olf-19-009



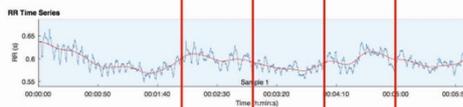
Proband 06:
Olf-19-010



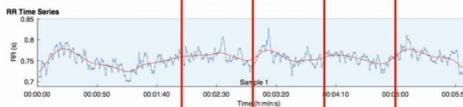
Proband 07:
Olf-19-011



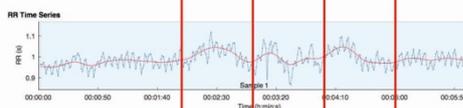
Proband 08:
Olf-19-013



Proband 09:
Olf-19-014

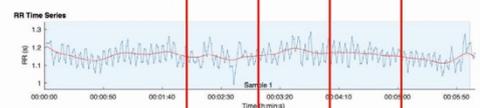
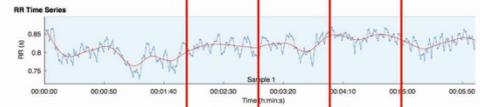
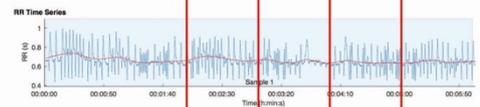
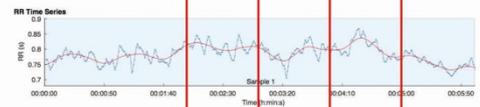
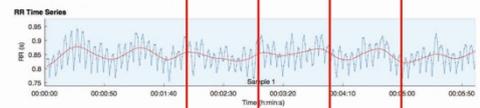
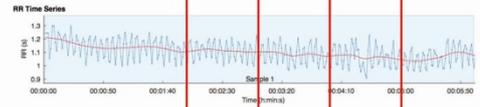
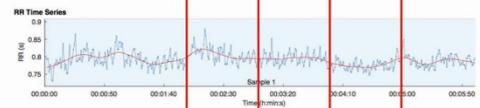
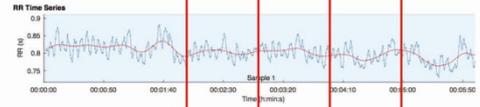
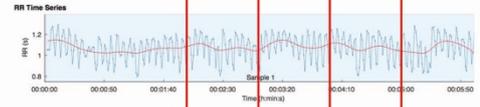
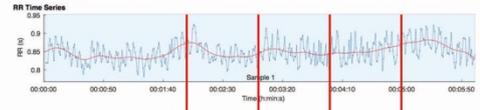


Proband 10:
Olf-19-015



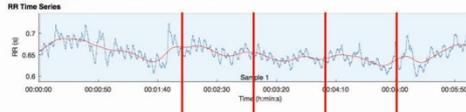
Odor 1 Odor 2 Odor 3 Odor 4

postoperativ

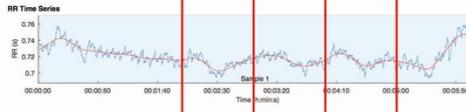


Odor 1 Odor 2 Odor 3 Odor 4

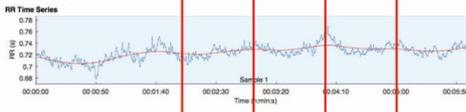
Proband 11:
Olf-19-017



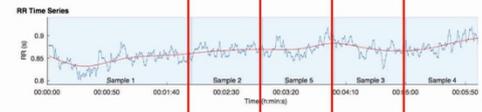
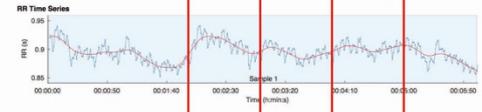
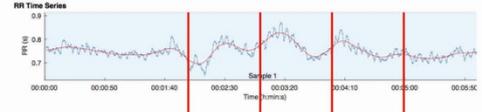
Proband 12:
Olf-19-018



Proband 13:
Olf-19-019

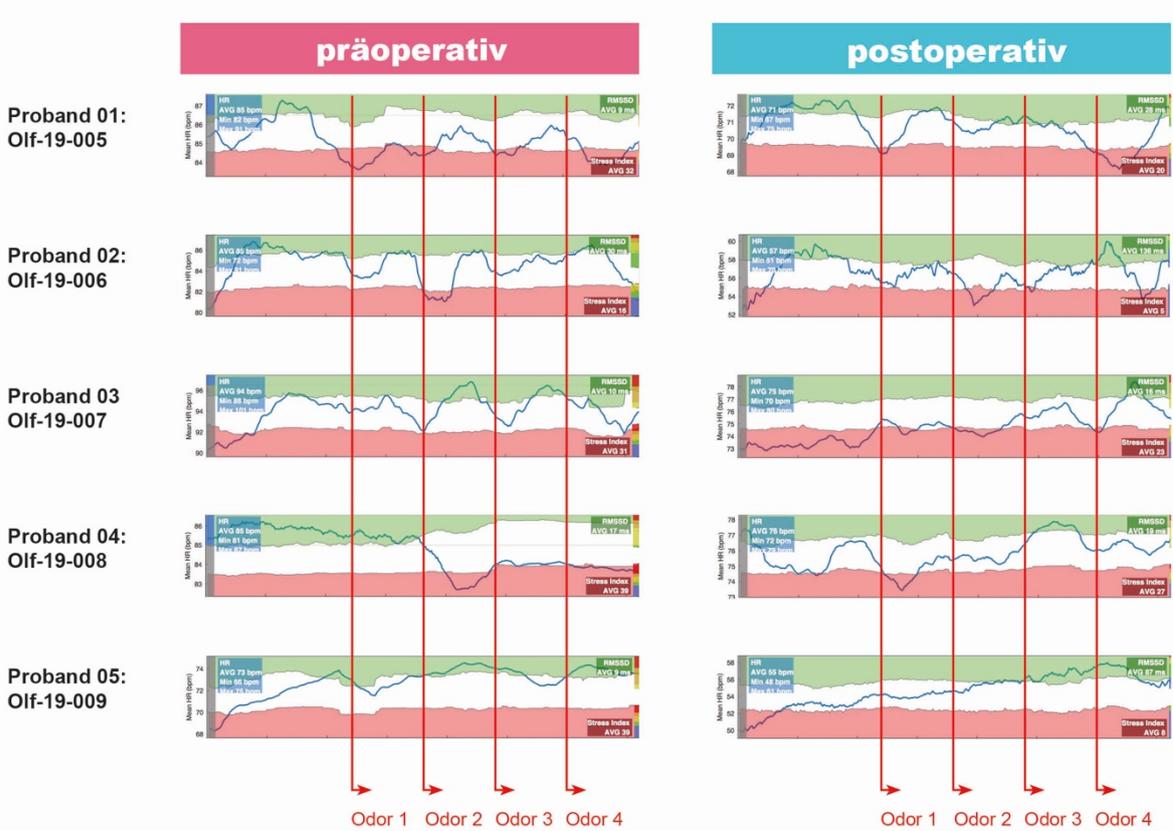


Odor 1 Odor 2 Odor 3 Odor 4

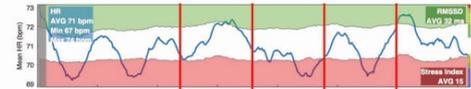
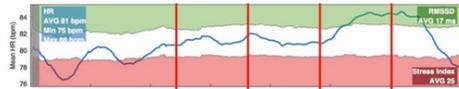


Odor 1 Odor 2 Odor 3 Odor 4

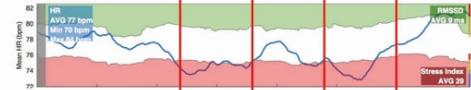
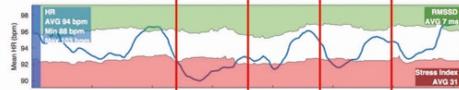
Abb. 39: RR-Intervall-Tachogramme über den Verlauf der gesamten Messdauer. Die Abbildung zeigt die RR-Schwankungen während der sechsminütigen Messung im Vorher/Nachher-Vergleich.



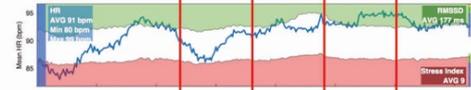
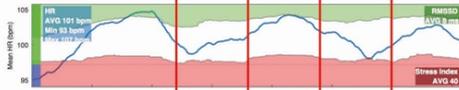
Proband 06:
Olf-19-010



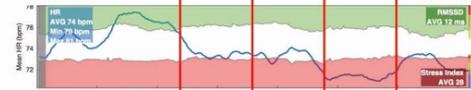
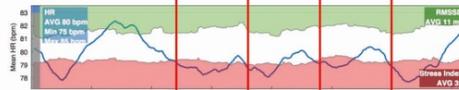
Proband 07:
Olf-19-011



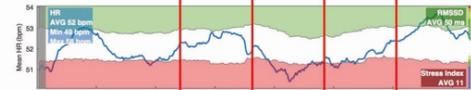
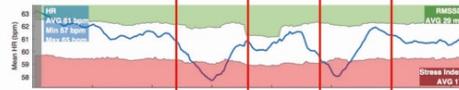
Proband 08:
Olf-19-013



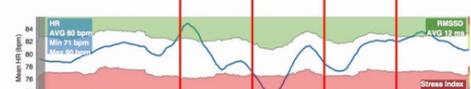
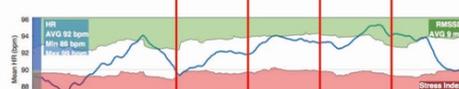
Proband 09:
Olf-19-014



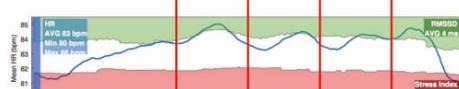
Proband 10:
Olf-19-015



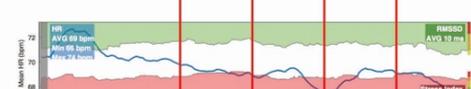
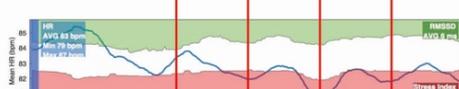
Proband 11:
Olf-19-017



Proband 12:
Olf-19-018



Proband 13:
Olf-19-019



Odor 1 Odor 2 Odor 3 Odor 4

Odor 1 Odor 2 Odor 3 Odor 4

Abb. 40: Herzrhythmschwankungen über den Verlauf der gesamten Messdauer. Gezeigt wird hier die Schwankung des HRV-Parameters Mean HR in Verknüpfung mit der Messung im Vorher/Nachher-Vergleich. Diese Ergebnisse sind Teil der Zeitverlaufs-Analyse.

Antrag auf Stellungnahme der Ethikkommission des Competence Centers Gesundheit
 Bitte reichen Sie den Antrag nach Möglichkeit mit allen Anlagen als ein PDF-Dokument ein

1	Name der Antragstellerin/ des Antragstellers	Nina Pfeiffer
	Fakultät/Department	Life Sciences
	Adresse	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Campus Bergedorf Ulmenliet 20 21033 Hamburg
	Position	Studentin (Bachelor – Ökotröphologie)
	Email	nina.pfeiffer@haw-hamburg.de
2	Bei Qualifikationsarbeiten (Promotion, Masterthesis, Bachelorthesis): Namen der betreuenden Professorinnen und/oder Professoren	(1) Prof. Dr. Jürgen Lorenz (Professor für Humanbiologie und Physiologie) (2) Prof. Dr. Joachim Westenhöfer (Professor für Ernährungs- und Gesundheitspsychologie)
	Fakultät/Department	(1) Department Medizintechnik (2) Department Gesundheitswissenschaften
	Adresse	(1) HAW Hamburg Ulmenliet 20 21033 Hamburg Raum N5.10 (2) HAW Hamburg Ulmenliet 20 21033 Hamburg Raum N 3.23
	Position	(1) Stellvertretender Departmentleiter Medizintechnik (2) Leiter des Kompetenz Center Gesundheit Stellvertretende Departmentleitung des Departments Gesundheitswissenschaften Vorsitzender der CCG Ethikkommission
	Email	(1) juergen.lorenz@haw-hamburg.de (2) joachim@westenhoefer.de
3	<i>Kurztitel des Forschungsvorhabens</i> - Riechen und Bariatrische Operation	
4	<i>Titel des Forschungsvorhabens</i> Beobachtung des Einflusses einer bariatrischen Operation auf die olfaktorische Dysfunktion adipöser Patienten anhand einer EKG-basierten Herzratenvariabilitätsanalyse	

5	<p><i>Datum des Antrags</i></p> <p>11.04.2019</p>
---	---------------------------------------------------

6	<p><i>Welches Ziel verfolgt das Forschungsvorhaben?</i></p> <p>Adipositas ist eine von der WHO anerkannte Erkrankung, die auf einem stark erhöhten BMI (>30) basiert und mit einer Vielzahl an Komorbiditäten einhergeht. Die Ursachen einer Adipositas können ebenso vielfältig und psychischer, genetischer, biologischer oder behavioraler Natur sein.</p> <p>Adipositaspatienten leiden zudem häufig unter einer olfaktorischen Dysfunktion, welche verhindert, eine gesunde Nahrungsmittelauswahl zu treffen oder eine Mahlzeit rechtzeitig zu beenden. Die nutritiven Entscheidungen, die vor dem Hintergrund der Dysfunktion getroffen werden, verschlechtern zunehmend die Gesundheit der Patienten und fördern die Adipositas. Dadurch befinden sich Adipöse in einer Art Teufelskreis, welcher durch reine Willenskraft nur schwer zu durchbrechen ist.</p> <p>Entscheiden sich die Betroffenen für eine bariatrische Operation (BO), hat dies gravierende Auswirkungen auf biologische Prozesse des Körpers. Das Riechvermögen hat Einfluss auf die autonome Steuerung des Herzens und kann anhand der Herzratenvariabilitätsanalyse (HRV) gemessen und quantifiziert werden. Daher möchte ich mithilfe der HRV im EKG Veränderungen der Olfaktorik von vor im Vergleich zu nach einer BO bei Patienten mit Adipositas erfassen.</p> <p>Die erhobenen Daten dienen ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken und werden weder zur Diagnosestellung noch Therapie verwendet. Es handelt sich nicht um eine Untersuchung zur Leistungsbewertung eines Diagnose- oder Behandlungsverfahrens. 24 gesunde Freiwillige (12 Männer, 12 Frauen) sollen in einem Raum, der vom Adipositaszentrum des Asklepios Westklinikums zur Verfügung gestellt wird, vor und 3 Monate nach der Operation getestet werden.</p> <p>Vor beiden Tests wird ein Fragebogen an die Patienten verteilt und ein klinisch etabliertes Verfahren (EKG-Messung) durchgeführt. Ziel ist es, anhand der Ergebnisse an gesunden Freiwilligen zu ermitteln, ob sich infolge der Operation eine Verbesserung der Olfaktorik bei adipösen Patienten einstellt und somit zu einer langfristigen Gewichtsstabilisierung beitragen kann.</p>
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

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

9	<p><i>Wie ist die Untersuchung wissenschaftlich gerechtfertigt? (theoretischer Rahmen, Relevanz des Forschungsvorhabens)</i></p> <p>Geruchsreize steuern in der kephalen Phase die Aktivität des Parasympathikus (hauptsächlich des Nervus Vagus) durch ihr Zusammenspiel mit gastrointestinalen Hormonen (1). Die Funktionsfähigkeit der Olfaktorik wirkt sich somit auf das Essverhalten und die Sättigungswirkung von Mahlzeiten aus. Generell werden Gerüche, die mit süßer Nahrung gepaart werden, als süßer wahrgenommen, als wenn sie ohne Nahrung präsentiert werden. Da das Riechempfinden zu ca. 80% der Wahrnehmung des Aromas eines Nahrungsmittels beiträgt, könnte eine Reduktion des Geruchs dazu führen, dass süßere Nahrung bevorzugt wird, um dieselbe befriedigende Wirkung zu erzielen (2). Eine Studie von Rolls und Rolls impliziert, dass nahrungsbezogene Gerüche neuronale Aktivitäten reduzieren, welche signalisieren, dass ein Nahrungsmittel als angenehm empfunden wird. Es konnte außerdem beobachtet werden, dass ein nahrungsbezogener Geruch das Verlangen nach einer Mahlzeit zunächst steigert, aber nach wenigen Minuten einen gegenteiligen Effekt hat und das Beenden der Mahlzeit einleitet (3). Die Hyposensitivität gegenüber olfaktorischen Reizen kann somit zur Disinhibition des Essverhaltens führen und den BMI erhöhen, was das Riechvermögen im Gegenzug noch schwerer beeinträchtigt (4). Wie bereits durch eine Bachelorarbeit des Betreuers gezeigt werden konnte, kann der Verlust autonomer Reaktivität des Körpers auf Geruchsreize bei Patienten mit Adipositas anhand einer HRV-Messung sichtbar gemacht werden (5). Die Methode der HRV-Messung kann daher als etabliertes Verfahren genutzt werden, um die sympathische und parasympathische Aktivität während der Exposition mit Odorantien aufzuzeichnen (6). Es wurde bislang jedoch nicht erforscht, ob das Riechvermögen resensibilisiert werden kann.</p> <p>Stark adipöse Patienten benötigen aufgrund manifester Komorbiditäten (z. B. Typ-2-Diabetes mellitus) oft eine schnelle Möglichkeit zur Gewichtsreduktion. Die BO kann dazu beitragen, dass Betroffene schneller an Gewicht verlieren als durch eine reine Ernährungsumstellung.</p> <p>Die Frage ist, ob sich durch einschneidende Veränderungen der Nahrungsmittelzufuhr im Anschluss an die Operation strukturelle Veränderungen einstellen, die das Riechempfinden zunehmend sensibilisieren. Sollte dies der Fall sein, könnte es erklären, warum Bariatriepatienten über einen Zeitraum von 10 Jahren einen Gewichtsverlust von 17% aufweisen, nicht-behandelte Adipositaspatienten dagegen eine Gewichtszunahme von durchschnittlich 1% (7).</p> <p>Sollte sich die Olfaktorik dagegen nicht regenerieren, könnte dies dazu führen, dass</p>
---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Patienten langfristig in alte Ernährungsmuster zurückfallen. Der Zusammenhang zwischen dem Riechvermögen und invasiven Eingriffen wie der BO ist bisher noch wenig erforscht. Meine Arbeit soll dazu beitragen, die Folgen der BO besser zu verstehen und die Resensibilisierung der Olfaktorik als möglichen Prädiktor für den erfolgreichen Gewichtsverlust zu identifizieren.</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) Kitamura, Akihiko, Torii, Kunio, Uneyama, Hisayuki, Nijima, Akira: Role Played by Afferent Signals from Olfactory, Gustatory and Gastrointestinal Sensors in Regulation of Autonomic Nerve Activity, in: Biol. Pharm. Bull. 33 (2010) 11, S. 1778—1782 (2) Stevenson, R. J., Brookes, Robert A., Wilson, J. P.: Resistance to extinction of conditioned odor perceptions: Evaluative conditioning is not unique, in: Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory, and Cognition, 26 (2000) 2, S. 423-440 (3) Rolls, E., & Rolls, J. H.: Olfactory Sensory-Specific Satiety in Humans, in: Physiology & Behaviour, 61(1996) 3, S. 461-473 (4) Kindleysides, Sophie, Beck, Kathryn L., Walsh, Daniel C. I., Henderson, Lisa, Jayasinghe, Shakeela N., Golding, Matt, Breier, Bernhard H.: Fat Sensation: Fatty Acid Taste and Olfaction Sensitivity and the Link with Disinhibited Eating Behaviour, in: nutrients, 9 (2017) 879, S. 1-21. (5) Muscate, Alina: 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, Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Fakultät Life Science, 2017 (6) Acharya, U. Rajendra, Joseph, K. Paul, Kannathal, N., Lim, Choo Min, Suri, Jasjit S.: Heart rate variability: A review, in: Med Biol Eng Comput. 44 (2006) 12, 1031-51 (7) Sjöström, L.: Review of the key results from the Swedish Obese Subjects (SOS) trial – a prospective controlled intervention study of bariatric surgery, in: Journal of Internal Medicine 273 (2012), S. 219-234.
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10	<p><i>Fassen Sie das Forschungsvorhaben ausführlich zusammen: Forschungsziel, -design sowie gewählte Methodik, inklusive kurzer theoretischer Einbettung.</i></p> <p>Ziel: Anhand der EKG-basierten Analyse der HRV soll die Stärke der Wirkung von Odorantien auf das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus untersucht werden. Die Daten des ersten Versuchsdurchlauf werden denen des zweiten Durchlaufs gegenübergestellt und beide miteinander verglichen. Dadurch soll geklärt werden, ob die Patienten nach der BO ein verändertes Riechvermögen zeigen.</p> <p>Geplant ist eine prospektive Fallkontrollstudie, die 24 Adipositaspatienten entsprechend der Ein- und Ausschlusskriterien untersuchen soll. Die Patienten werden im Zuge eines Praktikums im Adipositaszentrum des Asklepios Westklinikums rekrutiert.</p> <p>Es erfolgen zwei Versuchsdurchläufe. Der erste findet in den Wochen vor der BO statt, der zweite Durchlauf erfolgt 12 Wochen nach dem Eingriff.</p>
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Subjektive Messung: Beide Versuchstage beginnen mit der Ausgabe eines Fragebogens um das allgemeine Wohlbefinden sowie körperliche Veränderungen und Änderung der Nahrungsmittelpräferenzen nach der BO zu erfassen. Weibliche Probanden werden zudem gebeten den Stand ihres Zyklus anzugeben, da hormonelle Schwankungen die Riechwahrnehmung beeinflussen können (8).

Physiologische Messung: Im Anschluss an die Ausgabe des Fragebogens wird eine 6-minütige HRV-Messung durchgeführt, die eine 1-kanalige EKG-Registrierung der Ableitung II nach Einthoven in Kombination mit einer Reizung der Riehzellen durch 4 Riechproben beinhaltet. Die Patienten atmen dabei in einem kontrollierten Rhythmus von 6 Ein- und Ausatmungen pro Minute, der ihnen als akustisches Signal über einen Kopfhörer dargeboten wird. Damit ist gewährleistet, dass die respiratorische Sinusarhythmie in den spektralen Komponenten der HRV erkannt und quantifiziert werden kann. Zeitgleich wird die Einhaltung der Ruheatmung über einen Brustgurt erfasst. Das EKG wird mithilfe der Kubios-HRV-Software analysiert. Nach Bestimmung der R-Zackenintervalle werden die RR-Abstände zur Analyse der HRV im Zeit- und Frequenzbereich genutzt. Mit der Frequenzanalyse der Intervalle zwischen zwei R-Zacken können zudem vom Sympathikus und Parasympathikus erzeugte Spektralbanden erhoben werden, die als Maß der sympathovagalen Balance genutzt werden können.

Die Testung des Riechvermögens erfolgt durch Riechstifte (Sniffing Sticks). Von diesen für solche Zwecke entwickelten Medizinprodukten, werden vier Riechstifte ausgewählt (ein nicht-nahrungsbezogener und drei nahrungsbezogene). Die Riechstifte besitzen eine Filzspitze, die Odorantien verströmt. Zwei Minuten nach Beginn des Tests wird die Verschlusskappe des ersten Riechstiftes entfernt und für 15 Sekunden im Abstand von 2 cm vor die Nase gehalten. Danach wird die Probe verschlossen und der Proband atmet im vorgegebenen Rhythmus weiter bis nach weiteren 45 Sekunden die zweite Probe geöffnet wird. Wurden alle vier Proben präsentiert, wird der Test nach Ablauf von sechs Minuten beendet. Unter dem Einfluss der Riechproben ist bei gesunden Personen eine verringerte HRV zu erwarten.

Verwendete Aromen in der EKG-Messung:

- Orange
- Gras
- Sesamöl
- Karamell

Durchführung:

Die Auswahl der Probanden erfolgt über einen Qualifikationsfragebogen, welcher Nahrungsmittelpräferenzen, eingenommene Medikamente und Nahrungsergänzungsmittel, Angaben zur Person, körperliche Aktivität und vorliegende Erkrankungen erfragt. Am Versuchstag erscheinen die Probanden gesättigt, ohne 30 Minuten vorher geraucht, gegessen oder Kaugummi gekaut zu haben. Die Messungen finden in den Wochen vor der BO und am Tag des Nachsorgetermins statt. Zu Beginn der Messung werden die Probanden nach ihrem derzeitigen Wohlbefinden und (nach der Operation) nach körperlichen Veränderungen befragt.

Danach werden den Probanden die EKG-Elektroden und der Brustgurt angelegt und die getaktete Atmung mithilfe der App erneut erklärt, welche ein Audiosignal zum Ein- bzw. Ausatmen über einen Kopfhörer abgibt. Damit soll ein einheitlicher

	<p>Atemrhythmus geschaffen werden, durch den die HRV der Probanden miteinander verglichen werden können. Sobald die Patienten im vorgegebenen Rhythmus für zwei Minuten geatmet haben, erfolgt der standardisierte Riechtest mithilfe der Riechstifte. Die Riechstifte werden für jeweils 15 Sekunden im Abstand von 45 Sekunden präsentiert um eine Adaptation der Riechzellen zu vermeiden. Nach Ablauf von sechs Minuten wird die Messung beendet.</p> <p>Versuchsdesign und statistische Auswertung: Die aufgenommenen Daten werden mithilfe der Software SPSS ausgewertet. Hier erfolgt zunächst die Überprüfung der Normalverteilung (Kolmogorof-Smirnovtest). Zudem werden alle Haupt- und Interaktionseffekte mit einem F-Wert auf einem Wahrscheinlichkeitsniveau von $p < 0.05$ durch posthoc Student t-Test für abhängige Stichproben auf signifikante Unterschiede weiter analysiert.</p> <p>(8) Nováková, Lena Martinec, Havlíček, J., Roberts, S. Craig: Olfactory processing and odor specificity: a meta-analysis of menstrual cycle variation in olfactory sensitivity, in: Anthropological Review 77 (2014) 3, S.331-345</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

11	<i>Wie wurde/wird die wissenschaftliche Qualität des Forschungsvorhabens durch eine/n Dritte/n überprüft?</i>	
	Unabhängige externe Überprüfung	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung innerhalb eines Unternehmens	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung innerhalb einer multizentrischen oder interdisziplinären Forschergruppe	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung durch die hauptverantwortliche Institution oder Gastinstitution	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung innerhalb des Forschungsteams	<input type="checkbox"/>
	Überprüfung durch eine Betreuerin bzw. einen Betreuer	<input checked="" type="checkbox"/>
	Anderes (bitte erläutern)	<input type="checkbox"/>
	Keine Überprüfung durch Dritte	<input type="checkbox"/>

12	<p><i>Wie werden die potentiell Teilnehmenden (i) ausgesucht (Einschluss- und Ausschlusskriterien), (ii) angesprochen und (iii) rekrutiert?</i></p> <p>(i) Es werden 24 ambulante Patienten (12 Männer, 12 Frauen) des Adipositaszentrums des Asklepios Westklinikums ausgesucht.</p> <p>Einschlusskriterien: Alter von 35-50 Jahren; nach eigenen Angaben gesund</p> <p>Ausschlusskriterien:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Untergewicht/Normalgewicht/Übergewicht (BMI < 30) 2. Diabetes mellitus 3. Anosmie 4. Allergien bei Heuschnupfen und Asthma 5. Alkoholabusus 6. Depression 7. Migräne 8. Schwangerschaft 9. Medikamente gegen Bluthochdruck (β-Blocker) 10. Andere neurologische oder psychiatrische Erkrankungen <p>(ii) Die Patienten werden von mir mit Einverständnis von Prof. Dr. Dr. Carus und den zuständigen Ökotrophologen infolge eines Praktikums im Adipositaszentrum ausgesucht und angesprochen. Die Probanden werden persönlich, über Email und Telefon angesprochen.</p> <p>(iii) Die Terminabsprache findet vor Ort, per Email oder Telefon statt. Ein Aufklärungsbogen und eine Einverständniserklärung werden den TeilnehmerInnen durch mich ausgehändigt und erläutert. Nur TeilnehmerInnen, die die Einverständniserklärung unterschreiben, werden in die Studie aufgenommen.</p>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

13	<p><i>Werden in den individuellen Interviews/Fragebögen oder Gruppeninterviews/-fragebögen Themen angesprochen, die sensibel, peinlich oder übergreifend sind? Oder können möglicherweise kriminelle oder andere Taten offenkundig werden, die entsprechende Maßnahmen erfordern (z.B. Untersuchung auf Drogenkonsum)?</i></p> <p>Nein. Der Fragebogen dieser Studie wird von den Teilnehmern selbst ausgefüllt und ihre Namen anschließend pseudonymisiert. Es werden keine Taten offengelegt, die bestimmte Maßnahmen erfordern. Die übermittelten Daten umfassen größtenteils solche, die von den Ökotrophologen vor Ort zwecks Einschätzung des Gesundheitsstatus erhoben werden. Die Patienten sind mit der Art der Fragen somit bereits vertraut.</p>
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

14	<p><i>Können Traumata durch die Befragung / die Untersuchung auftreten?</i></p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein</p> <p><i>Wenn ja, wie verfahren Sie damit? (Gibt es z.B. Nachbetreuung?)</i></p>
15	<p><i>Dürfen die gesammelten Daten laut deutschem Datenschutzrecht genutzt werden?</i></p> <p>Ja. Aufgrund der Einverständniserklärung und der Anonymisierung der Daten dürfen die gesammelten Daten genutzt werden.</p>
16	<p><i>Beinhaltet die Forschung eine Täuschung bezüglich der Ziele oder Absichten?</i></p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein</p> <p><i>Falls ja, werden die Teilnehmenden hierüber aufgeklärt?</i></p> <p><i>Wann?</i></p> <p><i>Wie?</i></p> <p><i>Von wem?</i></p>
17	<p><i>Wie lange wird die Teilnahme für die Probanden voraussichtlich dauern?</i></p> <p>Die Studie umfasst zwei Versuchsdurchläufe. Der erste findet vor der BO und der zweite Durchlauf im Zuge des Nachsorgetermins im Anschluss an die Operation statt. Das Ausfüllen des Fragebogens, die Klärung eventueller Fragen, das Anschließen an das EKG und der Deep Breathing-Test werden ca. 20 Minuten pro Sitzung und Patient in Anspruch nehmen.</p>
18	<p><i>Welchen potenziellen Nutzen haben die Teilnehmenden von einer Teilnahme?</i></p> <p>Durch ihre Teilnahme unterstützen die Probanden den Forschungsbereich der BO. Mithilfe der Ergebnisse dieser Studie kann in Erfahrung gebracht werden, ob die BO durch Sensibilisierung der Olfaktorik den Grundstein für eine langfristige Gewichtsstabilisierung legt.</p>

19	<p><i>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.</i></p> <p>Die Teilnehmer geben beim Ausfüllen des Fragebogens zunächst ihren vollständigen Namen an. Im Anschluss an den zweiten Versuchsdurchlauf werden diese pseudonymisiert und jedem Namen eine Nummer zugewiesen. Die Zuweisung wird in einer Kodierliste festgehalten, welche nur Nina Pfeiffer und ihren Betreuern Prof. Dr. Jürgen Lorenz und Prof. Dr. Westenhöfer zugänglich ist. Nach Abschluss der Datenerhebung und Auswertung wird diese Liste gelöscht.</p> <p>Die Weitergabe der Daten an Dritte erfolgt nur in anonymisierter Form, die keine personenbezogene Zuordnung zulässt (S.Einverständniserklärung und Informationsblatt im Anhang).</p>
----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

20	<p><i>Wer wird Zugang zu den Daten haben und welche Maßnahmen werden getroffen, um die Daten vertraulich zu behandeln?</i></p> <p>Die durch eine Kodierliste pseudonymisierten Daten werden auf einem passwortgeschützten Computer ausgewertet, der nur für die Untersucherin und ihre Betreuer zugänglich ist.</p>
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

21	<p><i>In welcher Form erfolgt eine Aufklärung der Probanden über das Forschungsvorhaben? Bitte fügen Sie hierfür Belege bei.</i></p> <p>Alle Teilnehmer werden persönlich, mündlich und schriftlich (Informationsblatt) darüber informiert,</p> <ul style="list-style-type: none"> - wie die Studie abläuft - dass die Teilnahme freiwillig ist - dass alle Daten anonym behandelt werden. <p>Die Teilnehmer erhalten zudem eine schriftliche Einverständniserklärung, die diese Informationen ebenfalls enthält.</p>
----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

22	<p><i>Wird nach erfolgter Aufklärung eine schriftliche Einverständniserklärung der an der Studie Teilnehmenden eingeholt?</i></p> <p>Ja <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Nein <input type="checkbox"/></p>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p><i>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.</i></p> <p><i>Sollte keine Einverständniserklärung der an der Studie Teilnehmenden eingeholt werden, legen Sie hierfür bitte den genauen Grund dar.</i></p> <p>Die Einverständniserklärung wird von der Untersucherin im Zuge des Praktikums eingeholt. Sie wird dort direkten Kontakt zu allen Patienten haben und kann diese jederzeit auf die Teilnahme an der Studie ansprechen. Probanden, die Interesse an der Teilnahme haben, werden vor Ort persönlich mündlich und schriftlich über das Forschungsvorhaben informiert.</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

23	<p><i>Erfordert die Rekrutierung die Involvierung weiterer Kooperationspartner?</i></p> <p>Um genügend Teilnehmer für die Studie gewinnen zu können, werden die Ökotrophologen des Adipositaszentrums gebeten, den Patienten die Teilnahme nahezu legen. Die Versuchsdurchläufe können anschließend ohne weitere Hilfe ausgeführt werden.</p>
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

25	<p><i>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)?</i></p> <p>Ja. Die Teilnehmer haben jederzeit das Recht, ihre Teilnahme an der Studie zu widerrufen.</p>
----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

26	<p><i>Nehmen Personen aus einer der benannten Gruppen an der Studie teil? Nein.</i></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">Kinder oder Jugendliche unter 18 Jahren</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Erwachsene, die bewusstlos oder schwer krank sind</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Erwachsene mit unheilbaren Erkrankungen</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Kinder oder Jugendliche unter 18 Jahren	<input type="checkbox"/>	Erwachsene, die bewusstlos oder schwer krank sind	<input type="checkbox"/>	Erwachsene mit unheilbaren Erkrankungen	<input type="checkbox"/>
Kinder oder Jugendliche unter 18 Jahren	<input type="checkbox"/>						
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"/>
	<i>Bitte begründen Sie die Teilnahme der benannten Personengruppen.</i>	

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

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

29	<i>Wo findet das Forschungsprojekt statt? (Setting, Ort)</i>	
	Die Versuchsdurchläufe finden in einem separaten, ruhigen Raum im Adipositaszentrum des Asklepios Westklinikums Hamburg statt. Die Patienten werden dort ambulant behandelt und haben somit keinen zusätzlichen Anfahrtsweg.	

30	<i>Wer trägt die Kosten des Forschungsprojektes?</i>	
	Für die Nutzung des EKG-Messgerätes (inkl. Software und Zubehör) und die Beschaffung der Riechproben fallen Kosten für das Department Medizintechnik an.	

31	<i>Bitte legen Sie alle weiteren möglichen ethisch zu berücksichtigende Aspekte dar, von denen das Beratungsgremium Kenntnis haben sollte.</i>	
	Keine ethisch bedenklichen Aspekte.	

<i>Welche Anlagen/Dokumente sind diesem Antrag beigefügt (bitte ankreuzen)?</i>	
---------------------------------------------------------------------------------	--

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"/> Exposé

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:

.....

Datum:

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.

.....

Datum:

Kontakt

HAW-Projektleitung:

Prof. Dr. med. habil. Jürgen Lorenz

Tel.: 040/428 75 - 62 61

Email: juergen.lorenz@haw-hamburg.de

Raum: N 5.10

Studienort:

Adipositaszentrum Hamburg

am Asklepios Westklinikum Hamburg

Prof. Dr. Dr. habil. Thomas Carus (Chefarzt)

Haus 4, 1. OG

Suurheid 20

22559 Hamburg

Tel.: 040/81 91-21 01

Email: adipositaszentrum-hamburg@asklepios.com

Einverständniserklärung zur Studie

Einfluss der bariatrischen Operation auf die Olfaktorik mit Auswirkung auf die Herzschlagunregelmäßigkeit im Elektrokardiogramm (EKG)

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 Hamburg)

.....

Kontakt

HAW-Projektleitung:

Prof. Dr. med. habil. Jürgen Lorenz

Tel.: 040/428 75 - 62 61

Email: juergen.lorenz@haw-hamburg.de

Raum: N 5.10

Versuchsleiterin:

Nina Pfeiffer

Email: nina.pfeiffer@haw-hamburg.de

Information und Aufklärung

Einfluss der bariatrischen Operation auf die Olfaktorik mit Auswirkung auf die Herzschlagunregelmäßigkeit im Elektrokardiogramm (EKG)

Die Hochschule für Angewandte Wissenschaften (Prof. Dr. Jürgen Lorenz, Prof. Dr. Westenhöfer) und das Adipositaszentrum Hamburg am Asklepios Westklinikum Hamburg (Prof. Dr. Dr. Carus) möchten Sie bitten an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen. Wir wollen den Zusammenhang zwischen dem Riechvermögen und der bariatrischen Operation untersuchen. Dabei interessiert uns, ob sich das Riechvermögen infolge der bariatrischen Operation verbessert.

Wissenschaftlicher Hintergrund und Ziel dieser Studie

Der Herzschlag eines gesunden Menschen ist nicht regelmäßig. Die Unregelmäßigkeit des Herzschlages wird durch das so genannte vegetative Nervensystem hervorgerufen, das aus zwei „Gegenspielern“ besteht. Der Sympathikus beschleunigt, der Parasympathikus (vom Vagusnerv vermittelt) verlangsamt den Herzschlag. Eine gesunde vegetative, so genannte sympatho-vagale Balance, herrscht, wenn beide in einem ausgeglichenen Verhältnis zueinander den Herzschlag beeinflussen. Eine gestörte Olfaktorik kann durch die Messung der Herzratenvariabilität sichtbar gemacht werden. Mit dem Elektrokardiogramm (EKG) können wir die sympatho-vagale Balance der Herztätigkeit messen.

Adipositas geht in manchen Fällen mit einer Beeinträchtigung des Riechvermögens einher. Das kann dazu führen, dass im Alltag Lebensmittel und Mahlzeiten ausgesucht werden, die

zur Gewichtszunahme beitragen, indem die Sättigung später einsetzt, oder intensivere (süßere, salzigere etc.) Nahrungsmittel (-kombinationen) bevorzugt werden. In den ersten Monaten nach einer bariatrischen Operation wird das Essverhalten vollkommen umgestellt und andere Lebensmittel gegessen als vor der Operation. Dadurch könnte es zu einer Verbesserung des Riechvermögens kommen. Eine gesicherte Erkenntnis darüber würde dazu beitragen, ob die bariatrische Operation zusätzlich zu einem raschen Gewichtsverlust langfristig zur Gewichtsstabilisierung beitragen kann.

Wie läuft die Untersuchung ab?

Zusammen mit diesem Aufklärungsschreiben wird Ihnen ein Fragebogen zur Aufnahme personenbezogener Daten ausgehändigt. Dieser soll klären, ob Sie für die Studie in Frage kommen.

Die Studie ist in zwei Untersuchungstage unterteilt. Die erste Messung findet in den Wochen vor Ihrer bariatrischen Operation statt. Die zweite Messung wird am Tag Ihrer Nachsorgeuntersuchung durchgeführt. Falls Sie ausgewählt werden, erscheinen Sie am Versuchstag bitte satt und kauen Sie 30 Minuten vor Beginn des Versuches weder Kaugummi noch essen oder rauchen sie in dieser Zeit!

Direkt vor jeder Messung erhalten Sie einen weiteren Fragebogen, mit dem Ihr aktuelles Wohlbefinden erfasst wird und ob Sie infolge der Operation körperliche Veränderungen oder veränderte Nahrungsmittelvorlieben festgestellt haben. Nachfolgend werden Ihnen EKG-Elektroden und ein Atemgurt angelegt. Damit registrieren wir bei Ihnen die Herzaktivität mittels Elektrokardiogramm (EKG) und können Ihre Atmung verfolgen. Die Messung dauert insgesamt 6 Minuten an. In dieser Zeit werden wir Ihnen beginnend mit der zweiten Minute vier Riechproben präsentieren. Um den Einfluss der Gewöhnung an die Odorantien zu minimieren, wird die Stimulation mit den Aromen jeweils nach 15 Sekunden für 45 Sekunden unterbrochen.

Damit Sie einen regelmäßigen Atemrhythmus einhalten, folgen Sie mit Ein- und Ausatmung einem Rhythmus, der Ihnen anhand eines akustischen Signals über einen Kopfhörer vorgegeben wird. Zur Ableitung des EKG verwenden wir zertifizierte und zugelassene EKG-Geräte.

Alle hier verwendeten Geruchsreize sowie die EKG und Atemgurtmessung 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 (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 Nina Pfeiffer nur ihre Betreuer Prof. Dr. Jürgen Lorenz und Prof. Dr. Westenhöfer. 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.

Sie haben zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, die Messungen abubrechen, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen. Die Teilnahme an der Studie ist absolut freiwillig.

Abb. 41: Ethikantrag

Blanck-Köster, Katrin

Posteingang



Dienstag, 11. Juni 2019 14:31

Sehr geehrte Frau Pfeiffer,

Vielen Dank für die Einreichung Ihres Ethikantrages (Kurztitel der Bachelorarbeit: Riechen und Bariatrische Operation; Betreuende: Westenhöfer/Lorenz).

Sie erhalten von den Mitgliedern der Ethikkommission ein positives Votum.

Es wäre noch einmal zu überlegen, ob Sie als Ausschlusskriterium die Koronare Herzkrankheit mit auflisten. Die Intervention zielt ja auch auf Herzfrequenzänderungen, das sollte anamnestisch berücksichtigt werden. Es sollte explizit benannt werden, dass eine Einverständnis zu jedem Zeitpunkt zurückgenommen werden kann. Welcher Zeitraum liegt zwischen der Ansprache der Probanden und Durchführung der ersten Untersuchung? Wie lange werden die Daten aufbewahrt?

Bitte berücksichtigen Sie die Anmerkungen.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg!

Mit besten Grüßen
Katrin Blanck-Köster

Katrin Blanck-Köster M.A.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Studiengangskordinatorin Master Pflege

T +49 40 428 75 7112/ M +49 176 63 298 193

katrin.blanck-koester@haw-hamburg.de

Mo - Di

**HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN HAMBURG**

Fakultät Wirtschaft und Soziales Department Pflege und Management

Alexanderstraße 1 / 20099 Hamburg

haw-hamburg.de



Abb. 42: Positives Votum der Ethikkommission