



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern,
Veganern und Omnivoren im Vergleich.“

verfasst von / submitted by

Katharina Fatuly, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2018 / Vienna 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst und in der Bearbeitung und Abfassung keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Ich bestätige außerdem, dass diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form weder im In- noch im Ausland einer Prüfungsbehörde vorgelegt wurde und dass diese Arbeit mit der von der Begutachterin beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Diese Erklärung bezieht sich auch auf in der Arbeit gelieferte Zeichnungen, Skizzen, bildliche Darstellungen und dergleichen.

Danksagung

Ein herzlicher Dank gilt meiner Betreuerin, ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak, die mich vom Beginn bis zum Ende der Untersuchungen für meine Masterarbeit bestmöglich unterstützt und stets mit ihrem Fachwissen und einem guten Rat zur Seite stand.

Ein großes Dankeschön möchte ich auch der VOODIES Systemgastronomie GmbH, dem Verein gegen Tierfabriken und der Veganen Gesellschaft Österreich aussprechen. Sie waren mir nicht nur durch die Bereitstellung ihrer Räumlichkeiten für meine Untersuchungen eine große Hilfe, sondern haben mir auch bei der Rekrutierung von Probanden durch ihre große Reichweite via Social Media Unterstützung geboten. Außerdem ist es mir ein Bedürfnis, mich beim Team der WU Executive Academy zu bedanken, die mir ebenfalls ihre Räumlichkeiten zur Verfügung gestellt haben.

Weiters möchte ich auch allen Probanden meinen Dank zollen, die mit großem Interesse und Begeisterung an den sensorischen Untersuchungen teilgenommen haben. Ohne sie wäre diese Masterarbeit nicht zustande gekommen.

Besonders bedanken möchte ich mich vom ganzen Herzen bei meinen Eltern, Renate und Johann, die mir durch ihre liebevolle Fürsorge und finanzielle Unterstützung die Absolvierung dieses Studiums erst möglich gemacht haben. Ein herzlicher Dank gebührt auch meiner Oma Aloisia, die in schwierigen Zeiten immer an mich geglaubt und mir stets Mut gemacht hat. Auch meinem Bruder Christian und seiner Frau Annemarie möchte ich meinen Dank aussprechen, sie hatten während meines Studiums immer ein offenes Ohr für mich und standen mir mit Rat und Tat zur Seite.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner besten Freundin und Studienkollegin Maria, die durch ihre Mithilfe bei den sensorischen Untersuchungen für diese Masterarbeit eine große Stütze war. Aber nicht nur ihre Unterstützung zollt meine Wertschätzung, sondern auch der damit gewonnene Reichtum, auf eine gemeinsame unvergessliche Zeit zurückblicken zu können. Weiters möchte ich mich auch bei meinen langjährigen Freundinnen Martina, Melanie, Ines, und Alena bedanken. Ohne euch wäre meine Studienzeit nur halb so schön gewesen. Danke, dass ihr immer für mich da seid.

D A N K E

“Success is not the key to happiness. Happiness is the key to success.

If you love what you are doing, you will be successful.”

~Albert Schweitzer

An dieser Stelle möchte ich darauf hinweisen, dass in der von mir verfassten Arbeit stets männliche Formulierungen verwendet werden und auf eine gendergerechte Schreibweise bewusst verzichtet wird, um eine bessere Lesbarkeit und Verständlichkeit zu gewährleisten. Die vorliegende Schreibweise soll somit als eine geschlechtsunabhängige Formulierung angesehen werden.

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
1. Einleitung und Fragestellung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Die Ernährung des Menschen im Verlauf der Evolution	3
2.2. Geschichte und Entwicklung der Ernährung	3
2.2.1. Körperliche Merkmale von Fleisch- und Pflanzenfressern.....	4
2.2.2. Artgerechte Ernährung des Menschen	6
2.3. Vegetarismus und Veganismus	6
2.3.1. Definition und Begriffsherkunft	6
2.3.2. Formen	8
2.3.3. Geschichte	10
2.3.3.1. Antike	10
2.3.3.2. Zeitalter der Industrialisierung	11
2.3.3.3. Aktuelle Situation.....	12
2.3.4. Beweggründe	13
2.3.4.1. Ethische Motive	15
2.3.4.2. Religiöse Hintergründe	15
2.3.4.3. Gesundheitliche Aspekte.....	16
2.3.4.4. Ökologische Anliegen.....	16
2.3.5. Soziodemografische Merkmale	17
2.3.6. Anteil an Vegetariern in Österreich und Weltweit	19
2.3.7. Energie und Nährstoffversorgung bei vegetarischer und veganer Ernährung.....	20
2.3.7.1. Kritische Nährstoffe	20
2.3.7.2. Die Lebensmittelpyramide für Vegetarier und Veganer.....	20
2.3.7.3. Gesundheitliche Vorteile vegetarischer Kostformen	21

2.4.	Der Geruchssinn	22
2.4.1.	Funktionen des Geruchssinns	22
2.4.2.	Die Anatomie des Geruchsorgans	23
2.4.3.	Olfaktorische Reizweiterleitung.....	26
2.4.4.	Duftempfindlichkeit.....	29
2.4.5.	Hedonik.....	29
2.4.6.	Adaption und Habituation.....	30
2.4.7.	Störungen des Geruchssinns.....	31
2.4.7.1.	Quantitative Riechstörungen.....	31
2.4.7.2.	Qualitative Riechstörungen	32
2.4.8.	Einflussfaktoren auf die olfaktorische Wahrnehmung	33
2.4.8.1.	Extrinsische Faktoren	33
2.4.8.2.	Intrinsische Faktoren.....	35
2.4.9.	Methoden zur Untersuchung der Geruchswahrnehmungsfähigkeit ...	36
2.4.9.1.	Psychophysische Verfahren	36
2.4.9.2.	Elektrophysische Verfahren	37
2.4.9.3.	Biopsien aus der Regio olfactoria	38
2.4.9.4.	Volumetrische Untersuchungen des Bulbus olfactorius.....	38
3.	Material und Methoden	39
3.1.	Probanden	39
3.1.1.	Probandenrekrutierung	39
3.1.2.	Charakteristika der Probanden	40
3.2.	Methoden.....	42
3.2.1.	„Sniffin‘ Sticks“.....	42
3.2.2.	Untersuchungsablauf	43
3.2.3.	Der Fragebogen	44
3.2.4.	Durchführung der Geruchstests.....	46
3.2.5.	Schwellentest.....	48
3.2.6.	Diskriminationstest	52
3.2.7.	Identifikationstest	53
3.2.8.	SDI-Score	54

3.3.	Statistische Auswertung	55
4.	Ergebnisse und Diskussion	57
4.1.	Ergebnisse	57
4.1.1.	Schwellentest	57
4.1.1.1.	Grafische Darstellung der erzielten Schwellen	57
4.1.1.2.	Vergleich der erzielten Schwellen zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren	58
4.1.1.3.	Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Schwellentests.....	60
4.1.2.	Diskriminationstest.....	63
4.1.2.1.	Grafische Darstellung der Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche	63
4.1.2.2.	Vergleich der Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren	64
4.1.2.3.	Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Diskriminationstests.....	66
4.1.3.	Identifikationstest	69
4.1.3.1.	Grafische Darstellung der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche.....	69
4.1.3.2.	Vergleich der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren	70
4.1.3.3.	Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Identifikationstests.....	72
4.1.3.4.	Auswertung der einzelnen „Sniffin‘ Sticks“	75
4.1.4.	SDI-Score.....	81
4.1.4.1.	Grafische Darstellung der erreichten SDI-Scores.....	81
4.1.4.2.	Vergleich der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren	82
4.1.4.3.	Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf den erzielten SDI-Score	84

4.1.4.4.	Übersicht der Mittelwerte der erreichten Scores aus allen drei durchgeführten Tests sowie dem SDI-Score der evaluierten Gruppen.....	86
4.1.4.5.	Eigene Selbsteinschätzung des Riechvermögens im Vergleich mit dem erzielten SDI-Score.....	87
4.1.4.6.	Einflussfaktoren	90
4.1.4.6.1.	Einfluss des Geschlechts auf den SDI-Score	90
4.1.4.6.2.	Einfluss von Alkoholkonsum auf den SDI-Score	91
4.1.4.6.3.	Einfluss von Kontrazeptiva auf den SDI-Score	94
4.2.	Diskussion.....	96
4.2.1.	Schwellentest.....	96
4.2.2.	Diskriminationstest	97
4.2.3.	Identifikationstest.....	98
4.2.4.	SDI-Score	100
4.2.4.1.	Eigene Selbsteinschätzung des Riechvermögens.....	103
4.2.4.2.	Einflussfaktoren	104
4.2.4.2.1.	Einfluss des Geschlechts auf den SDI-Score	104
4.2.4.2.2.	Einfluss von Alkoholkonsum auf den SDI-Score	105
4.2.4.2.3.	Einfluss von Kontrazeptiva auf den SDI-Score	106
5.	Schlussbetrachtung	108
6.	Zusammenfassung	111
7.	Summary	113
8.	Literaturverzeichnis	114
9.	Anhang	124
9.1.	Einverständniserklärung.....	124
9.2.	Fragebogen	125
9.3.	Ergebnisprotokoll der 3 Tests	128

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vegetarisches und veganes V-Label der EVU	12
Abbildung 2: Verteilung der Vegetarier und Veganer in Österreich nach soziodemografischen Merkmalen im Jahr 2017.	18
Abbildung 3: Länder mit dem höchsten Anteil an Vegetariern in der Welt- bevölkerung.	19
Abbildung 4: Lebensmittelpyramide für Vegetarier und Veganer.	21
Abbildung 5: Schematischer Aufbau der Riechschleimhaut mit Verbindung zum Riechkolben.....	24
Abbildung 6: Schema der Transduktionskaskade in Riechzellen	27
Abbildung 7: Schema der Transduktionskaskade in Riechzellen	28
Abbildung 8: Schematische Darstellung von Adaption und Habituation	30
Abbildung 9: Transnasaler und retronasaler Weg der Duftstoffmoleküle zum olfaktorischen Neuroepithel.....	36
Abbildung 10: Geschlechterverteilung der Probanden	40
Abbildung 11: Anzahl der Probanden in der Kontrollgruppe und den beiden Untersuchungsgruppen	40
Abbildung 12: Grafische Darstellung der Altersverteilung der Teilnehmer bei der Berücksichtigung der Ernährungsweise.	41
Abbildung 13: Aufbau eines "Sniffin' Sticks"	42
Abbildung 14: Untersuchungsaufbau	44
Abbildung 15: Schwellenwerte der evaluierten Gruppen im Vergleich	57
Abbildung 16: Streudiagramm (Veganer)	61
Abbildung 17: Streudiagramm (Vegetarier)	62
Abbildung 18: Korrekte Diskriminationen der evaluierten Gruppen im Vergleich.....	63
Abbildung 19: Streudiagramm (Veganer)	67
Abbildung 20: Streudiagramm (Vegetarier)	68
Abbildung 21: Korrekte Identifikationen der evaluierten Gruppen im Vergleich	69
Abbildung 22: Streudiagramm (Veganer)	73
Abbildung 23: Streudiagramm (Vegetarier)	74
Abbildung 24: Fehlerbalkendiagramm (Fehlerquote der 3 Gruppen beim Identifikationstest).....	77

Abbildung 25: Übersicht der Fehlerquoten der 3 Gruppen bei den einzelnen Stiften	79
Abbildung 26: Kreisdiagramme zu den auffälligen Stiften Nr. 6, 8 sowie 11	80
Abbildung 27: Erzielte SDI-Scores der evaluierten Gruppen im Vergleich.....	81
Abbildung 28: Streudiagramm (Veganer).....	85
Abbildung 29: Streudiagramm (Vegetarier).....	86
Abbildung 30: Streudiagramm (Probanden gesamt).....	88
Abbildung 31: Fehlerbalkendiagramm (Einflussfaktor: Alkoholkonsum)	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anatomische und physiologische Merkmale des Verdauungskanals bei Pflanzenfressern und Fleischfressern	5
Tabelle 2: Formen des Vegetarismus.....	9
Tabelle 3: Motive für eine vegetarische Ernährungs- und Lebensweise	13
Tabelle 4: Medikamente, die zu Riechstörungen führen können.....	34
Tabelle 5: Konzentration der 16 Verdünnungsstufen des n-Butanols.....	49
Tabelle 6: Beispiel eines Protokollblattes zur Ermittlung der Geruchsschwelle	51
Tabelle 7: Riechstoffe der verschiedenen "Sniffin' Sticks" des Diskriminations- tests.....	52
Tabelle 8: Ergebnisblatt des Identifikationstests.....	54
Tabelle 9: Output Kruskal-Wallis-Test	59
Tabelle 10: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Veganer).....	59
Tabelle 11: Output Mann-Whitney-U-Test (Veganer zu Omnivoren).....	59
Tabelle 12: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Omnivoren).....	60
Tabelle 13: Output Korrelation nach Pearson (Veganer).....	61
Tabelle 14: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier).....	62
Tabelle 15: Output Kruskal-Wallis-Test	65
Tabelle 16: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Veganer).....	65
Tabelle 17: Output Mann-Whitney-U-Test (Veganer zu Omnivoren).....	66
Tabelle 18: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Omnivoren).....	66
Tabelle 19: Output Korrelation nach Pearson (Veganer).....	67
Tabelle 20: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier).....	68
Tabelle 21: Output Kruskal-Wallis-Test	71
Tabelle 22: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Veganer).....	71
Tabelle 23: Output Mann-Whitney-U-Test (Veganer zu Omnivoren).....	71
Tabelle 24: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Omnivoren).....	72
Tabelle 25: Output Korrelation nach Pearson (Veganer).....	73
Tabelle 26: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier).....	74
Tabelle 27: Output Test der Zwischensubjekteffekte (Fehlerquote)	75

Tabelle 28: Output Parameterschätzungen (Fehlerquote)	76
Tabelle 29: Output Mehrfachvergleiche (Fehlerquote)	76
Tabelle 30: Fehlerquote beim Identifikationstest der evaluierten Gruppen	78
Tabelle 31: Output ANOVA	83
Tabelle 32: Output Bonferroni Mehrfachvergleiche	83
Tabelle 33: Output Korrelation nach Pearson (Veganer)	84
Tabelle 34: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier)	85
Tabelle 35: Mittelwerte des S-, D-, I- sowie SDI-Scores der evaluierten Gruppen....	86
Tabelle 36: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Probanden Gesamt)	87
Tabelle 37: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Veganer)	89
Tabelle 38: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Vegetarier)	89
Tabelle 39: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Omnivore)	90
Tabelle 40: Output t-Test für unabhängige Stichproben	91
Tabelle 41: Output Korrelation nach Spearman (Alkoholkonsum)	92
Tabelle 42: Output ANOVA	92
Tabelle 43: Output Bonferroni Mehrfachvergleiche	93
Tabelle 44: Output t-Test für unabhängige Stichproben	95

Abkürzungsverzeichnis

%	=	Prozent
bzw.	=	beziehungsweise
ca.	=	circa
Ca ²⁺	=	Calcium
cAMP	=	cyclisches Adenosinmonophosphat
cm	=	Zentimeter
d.h.	=	das heißt
DHA	=	Docosahexaensäure
EEG	=	Elektroenzephalogramm
EPIC	=	European Prospective Investigation of Cancer
etc.	=	et cetera
EVU	=	European Vegetarian Union
IPS	=	idiopathisches Parkinson-Syndrom
Jhdt.	=	Jahrhundert
max.	=	maximal
mind.	=	mindestens
Mio.	=	Millionen
MRT	=	Magnetresonanztomographie
n3	=	Omega 3
OR	=	Olfaktorischer Rezeptor
ÖVU	=	Österreichische Vegetarier Union
SDI	=	Schwelle / Diskrimination / Identifikation
sog.	=	sogenannte
u.a.	=	unter anderem
v. Chr.	=	vor Christus
WU	=	Wirtschaftsuniversität Wien
x	=	mal
z. B.	=	zum Beispiel

1. Einleitung und Fragestellung

Damals so wie heute ist der Konsum von Fleisch für den Großteil der österreichischen Bevölkerung unverzichtbar. Europaweit verzehrt kein anderes Land so viel Fleisch wie es in Österreich der Fall ist. Weltweit betrachtet liegen wir Österreicher mit einem jährlichen Pro-Kopf-Konsum von 102 kg dicht hinter Australien und Neuseeland sogar an dritter Stelle [Auer, 2017]. Um diesen hohen Bedarf der Bevölkerung decken zu können, muss auch ausreichend produziert werden. Daher haben sich viele Lebensmittelproduzenten das Ziel gesetzt, möglichst große Mengen in möglichst kurzer Zeit und unter geringem Kostenaufwand zu erzeugen. Das Resultat hiervon sind oftmals Massentierhaltungen, in denen Tiere unter untragbaren Bedingungen leben müssen. Infolgedessen kann es zur Erkrankung der Tiere kommen, weswegen in der Regel der präventive Einsatz von Medikamenten, insbesondere Antibiotika, eine Standardmaßnahme ist. Der Verzehr des Fleisches der behandelten Tiere kann sich wiederum negativ auf die Gesundheit der Konsumenten auswirken. Das ist auch einer von vielen Gründen, weswegen die omnivore Lebensweise nicht bei jedem Anklang findet. Aber auch religiöse Hintergründe sowie ökologische und politische Anliegen oder die Bewusstseins-schaffung für einen gesunden Lebensstil und somit Vorbeugung vor Zivilisationskrankheiten sind für viele Menschen Beweggründe, den Konsum von tierischen Produkten einzuschränken bzw. komplett darauf zu verzichten [Leitzmann, 2014]. Daher haben sich in den letzten Jahren bis Jahrzehnten diverse alternative Ernährungsformen entwickelt.

Die älteste und auch am weitesten verbreitete fleischlose Ernährungsweise ist der Vegetarismus, welcher seinen Ursprung bereits in der Antike um 570 bis 500 v. Chr. findet. So gilt der griechische Philosoph Pythagoras mit seiner bekannten Aussage „Alles, was der Mensch den Tieren antut, kommt auf den Menschen wieder zurück“ als erster überzeugter Vegetarier und ist auch als Begründer des klassischen Vegetarismus anzusehen [Leitzmann, 2011]. Ein vegetarischer Lebensstil kennzeichnet sich durch den Verzicht auf den Konsum von sämtlichen Fleisch- und Fischerzeugnissen.

Da sich die Ansichten und Verhaltensweisen von vegetarisch lebenden Personen oft erheblich von jenen der restlichen Bevölkerung unterscheiden, hatten Vegetarier noch vor einigen Jahren mit fehlender Akzeptanz in der Gesellschaft zu kämpfen. Heute hat

sich der Vegetarismus jedoch als alternative Ernährungsweise etabliert und die gesellschaftliche Stellung dieser Personen deutlich verbessert [Leitzmann, 2011].

Aus dem Vegetarismus hat sich schließlich eine weitere, deutlich strengere Ernährungsform heraus entwickelt, nämlich der Veganismus. Hierbei handelt es sich um eine Ernährungsweise, bei der gänzlich auf den Konsum aller vom Tier stammenden Produkte verzichtet wird. Neben Fleisch- und Fischprodukten zählen hierzu auch Lebensmitteln wie Honig, Eier und sämtliche Milcherzeugnisse. Doch nicht nur die spezielle Ernährungsweise, sondern auch der Verzicht auf Gebrauchsgegenstände, welche aus Tierkörperteilen wie z.B. Fell, Leder oder Daune bestehen, kennzeichnen einen veganen Lebensstil [Richter et al., 2016].

Da sich die vegetarische und vegane Ernährungsweise deutlich von jener der Omnivoren, d.h. den sog. „Allesessern“ unterscheidet, wäre es denkbar, dass sich zwischen den verschiedenen Ernährungsformen Unterschiede in der Geruchswahrnehmung ergeben. Bisher gibt es jedoch noch keine Studien, die sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt haben.

Infolgedessen wurde in der vorliegenden Masterarbeit die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern und Veganern im Vergleich mit Omnivoren untersucht. Die Evaluierung der Geruchswahrnehmungsfähigkeit erfolgte mit Hilfe von sog. „Sniffin‘ Sticks“ der Burghart Messtechnik GmbH. Insgesamt wurden 3 Tests durchgeführt, welche sich aus der Bestimmung der Geruchsschwelle, der Geruchsdiskrimination und der Geruchsidentifikation zusammensetzen. Am Ende wurde der Gesamtscore aller 3 Tests errechnet, welcher Aufschluss über die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit der einzelnen Probanden gibt. Vor Beginn der sensorischen Untersuchungen wurde allen Probanden ein Fragebogen vorgelegt, um eventuelle Einflussfaktoren auf das Riechvermögen zu dokumentieren und in die statistische Auswertung miteinzubeziehen.

2. Literaturübersicht

2.1. Die Ernährung des Menschen im Verlauf der Evolution

Im Laufe der letzten Jahre haben sich viele verschiedene Ernährungsformen entwickelt. Von Vegetariern und Veganern bis hin zu Frutariern oder Rohköstlern ist heutzutage alles vertreten. Menschen, die eine dieser Ernährungsweisen praktizieren, sind nicht selten der Meinung, dass ihre Art, sich zu ernähren, die ursprüngliche natürliche Ernährungsform des Menschen ist. Ein Blick auf die Entwicklungsgeschichte der Ernährung im Verlauf der Evolution gibt Hinweise darüber, welche Ernährungsweise nun tatsächlich einer artgerechten entsprechen könnte.

2.2. Geschichte und Entwicklung der Ernährung

Der älteste Vorfahre des Primaten und somit auch des Menschen lebte vor 50 Mio. Jahren und war lediglich ein spitzmausgroßes Lebewesen, welches hauptsächlich tierische Nahrung in Form von Insekten verzehrte. Aus diesen Wesen entwickelten sich folglich die Primaten, welche auf Bäumen lebten und sich überwiegend von Früchten und Blättern ernährten. Doch auch ein minimaler Anteil an Insekten war Bestandteil ihrer Nahrung. Wie sich die Primaten und somit auch deren Ernährungsweise weiterentwickelten, ist jedoch nicht bekannt, da über den Zeitraum danach bis zu 5 Mio. Jahren vor unserer Zeit keine archäologischen Funde existieren [Leitzmann und Keller, 2013].

Weitere Hinweise auf Vorfahren des Menschen gibt es erst wieder ab der Zeit vor ca. 4,5 bis 4 Mio. Jahren. Hierbei handelt es sich um die Gattung *Australopithecus*, welche sich in Ostafrika entwickelte und als ältester Vorfahre des modernen Menschen gilt. Anhand seines Gebisses ist erkennbar, dass er sich von einer härteren, gröberen pflanzlichen Kost ernährte, worunter auch stärkehaltige Speicherwurzeln sowie Knollen fallen. Der Anteil an tierischer Nahrung war sehr gering und betrug lediglich 4 bis 8 % [Elmadfa und Leitzmann, 2015; Leitzmann und Keller, 2013].

Der erste Vertreter der Gattung Mensch tauchte vor etwa 2,5 bis 2 Mio. Jahren auf der Erde auf. Es handelt sich hierbei um die Gattung *Homo habilis*. Durch den Wechsel zu einem trockeneren Klima entstanden aus stark bewaldeten Gebieten offene Savan-

nenlandschaften, welche eine gute Grundlage für die Jagd auf Tiere boten. Diese erfolgte mit Hilfe von Holz- und Steinwerkzeugen und führte zu einer Erhöhung des Fleischanteils in der Nahrung. Nichts desto trotz bestand der Hauptteil der Kost des *Homo habilis* nach wie vor aus pflanzlichen Bestandteilen. In dieser Epoche entstand der Begriff des „Jäger und Sammlers“ [Elmadfa und Leitzmann, 2015; Leitzmann et al., 2005].

Vor ca. 10.000 Jahren kam es zur Einleitung des Ackerbauzeitalters bzw. zur neolithischen Revolution. Es wurden erstmals systematisch Nahrungspflanzen angebaut und die Natur somit gezielt zur Nahrungssicherung genutzt. Dies führte zu einer größeren Unabhängigkeit und zum sesshaft werden der Menschen. Verglichen mit der Epoche der Jäger und Sammler wurde in dieser Zeit weniger tierische Nahrung aufgenommen [Elmadfa und Leitzmann, 2015]. Erst gegen Ende der Jungsteinzeit, ca. 4.500 v. Chr., hat sich infolge der Domestikation von Haus- und Nutztieren der Fleischanteil in der Ernährung wieder deutlich erhöht [Leitzmann und Keller, 2013].

Mit dem Beginn der Industrialisierung vor ca. 100 bis 200 Jahren haben sich die Ernährungsgewohnheiten, vor allem in den Industrieländern, stark geändert. Die überwiegend pflanzliche, kohlenhydrat- und ballaststoffreiche Ernährung hat sich zu einer ballaststoffarmen, protein- und fettreichen Ernährung gewandelt, welche durch einen hohen Anteil an tierischen Lebensmitteln gekennzeichnet ist. Bedingt durch die Abnahme der körperlichen Aktivität und den somit veränderten Energie- und Nährstoffbedarf birgt diese Ernährungsweise jedoch Risiken für die Gesundheit [Elmadfa und Leitzmann, 2015; Leitzmann et al., 2005].

2.2.1. Körperliche Merkmale von Fleisch- und Pflanzenfressern

Betrachtet man die anatomischen und physiologischen Merkmale des Menschen, so ist es möglich, Rückschlüsse auf die Ernährung unserer Vorfahren zu schließen. Die Proportionen zwischen Magen, Dünn- und Dickdarm sowie die Größe der einzelnen Verdauungsabschnitte weisen auf eine gemischte, jedoch überwiegend pflanzliche Ernährungsweise hin und gehen daher mit den Erkenntnissen konform, dass der Mensch, mit Ausnahme seiner frühesten Phase des Insektenverzehr, sich in allen seinen Entwicklungsphasen größtenteils pflanzlich ernährt hat. Doch nicht nur die

hauptsächlich pflanzliche Ernährungsweise, sondern auch die frühe Phase des Insektenverzehr waren prägend für die heutige Darm Morphologie des Menschen.

Der größere Volumenanteil des menschlichen Dünndarms im Vergleich zum Dickdarm ist auch charakteristisch für den Verdauungstrakt von reinen Fleischfressern.

Der menschliche Dickdarm besitzt sog. Täten und Haustren, welche Gärkammern zum Abbau von unverdaulichen Nahrungsbestandteilen bilden können, was wiederum auf ein typisches Merkmal von Pflanzenfressern hindeutet. Ein weiterer Anhaltspunkt, der Hinweis auf die pflanzliche Kost der menschlichen Vorfahren bietet, ist die Tatsache, dass der Körper unfähig ist, Vitamin C zu synthetisieren. Dies ist dadurch zu begründen, dass Vitamin C durch die reichliche Aufnahme von Blättern und Früchten stets ausreichend vorhanden und die Fähigkeit zur Synthese daher nicht nötig war. Typische Fleischfresser hingegen besitzen die Fähigkeit zur Vitamin C-Synthese. Weitere charakteristische Merkmale des Verdauungstraktes von Fleisch- und Pflanzenfressern sind in nachfolgender Tabelle gelistet [Leitzmann und Keller, 2013; Koerber et al., 2012].

Tabelle 1: Anatomische und physiologische Merkmale des Verdauungskanal bei Pflanzenfressern und Fleischfressern [modifiziert nach: Koerber et al., 2012]

Merkmale	Pflanzenfresser	Fleischfresser
Maul – bzw. Mundöffnung	klein, Hautfalten bzw. Backentaschen	weit, z.T. bis zum Kiefergelenk
Zähne	schneiden und mahlen	reißen und festhalten
Kieferbewegung	vertikal und horizontal	vertikal
Schluckvorgang	schlucken	schlingen
Zunge	muskulös, kräftig, rau	dünn
Speichelsekretion	viel	wenig
pH-Wert des Speichels	alkalisch	sauer
Speichelenzyme	Amylase, Ptyalin	keine
Gärmagen	teilweise mehrere	keine
Magensäuresekretion	schwach	stark

Magenverweildauer	lang	kurz
Darmoberfläche	Zotten	glatt
Dickdarmmuskeln	Tänien, Haustren	glatt
Unverdauliches	bakterieller Abbau von Zellulose	Auflösen von Haaren, Knorpel und Knochen
Fäzesgeruch	unauffällig	stinkend
Verhältnis vom Darm zur Länge des Körpers (Mensch 12:1)	groß (Schaf 20:1)	klein (Wolf 4:1)

2.2.2. Artgerechte Ernährung des Menschen

Betrachtet man nun die verschiedenen Entwicklungsphasen, so wird deutlich, dass man den Menschen weder als reinen Fleisch- noch als Pflanzenfresser einstufen kann. Bis auf seine ältesten Vorfahren, welche rein von tierischer Nahrung lebten, zählen seine Ahnen in allen darauffolgenden Entwicklungsstadien zu den Allesessern, welche einen Schwerpunkt auf pflanzliche Ernährung legten. Der Trend zur rein vegetarischen Ernährung ist daher nicht auf eine natürliche Ernährungsform zurückzuführen, sondern hat sich erst mit der Kultur entwickelt. Die artgerechte Ernährung des heutigen Menschen besteht daher aus einer überwiegend pflanzlichen Kost, welche durch einen geringen Anteil an tierischen Produkten ergänzt werden sollte, und entspricht somit einer omnivoren Lebensweise. Diese natürliche Ernährungsform des Menschen hat somit den bestmöglich positiven Effekt auf die Gesundheit. Die Energiezufuhr sollte jedoch stets an die körperliche Aktivität angepasst werden, welche im Laufe der Evolution stark abgenommen hat [Koerber et al., 2012; Leitzmann und Keller, 2013].

2.3. Vegetarismus und Veganismus

2.3.1. Definition und Begriffsherkunft

Nach Leitzmann und Keller definiert sich Vegetarismus als eine Ernährungsweise, bei der ausschließlich oder überwiegend pflanzliche Lebensmittel verzehrt werden. Hierzu

zählen Obst und Gemüse, Hülsenfrüchte sowie Nüsse und Samen. Je nach Form des Vegetarismus werden auch Produkte von lebenden Tieren wie Eier, Milch, Honig und alle daraus hergestellten Erzeugnisse konsumiert. Gänzlich ausgeschlossen sind jedoch alle Produkte, welche von toten Tieren stammen. Hierzu zählen nicht nur Fleisch und Fleischerzeugnisse, sondern auch Fisch, Meeresfrüchte sowie alle daraus verarbeiteten Produkte [Leitzmann und Keller, 2013].

Der Begriff Vegetarismus selbst leitet sich von den Wörtern „*vegetus*“ und „*vegetare*“ ab, welche aus dem Lateinischen stammen und übersetzt lebendig, frisch und belebend bedeuten [Baumgartner, 2000; Leitzmann 2012]. Die vegetarische Ernährungsweise kennzeichnet somit im ursprünglichen Sinne eine „lebendige“ Ernährungsweise, bei der, wie es der Name schon verrät, neben pflanzlichen Lebensmitteln nur tierische Produkte verzehrt werden, die ausschließlich von lebenden Tieren stammen. Parallelen zum Begriff Vegetarismus findet man auch im englischen Sprachgebrauch bei Betrachtung des Wortes „*vegetable*“, welches übersetzt pflanzlich bzw. Gemüse bedeutet. Auch dieser Begriff lässt sich auf den lateinischen Ausdruck „*vegetare*“ zurückführen [Leitzmann 2012].

Obwohl der Terminus Vegetarismus bereits in der Antike bekannt war, tauchte er im Sprachgebrauch erstmals relativ spät in der Zeit um 1850 auf. Seit etwa 1880 hat sich der Begriff auch im deutschen Sprachraum als Bezeichnung für eine fleischlose Ernährungsform durchgesetzt. Anhänger dieser Kostform verwendeten anfänglich den Begriff „*Vegetarianer*“, welcher aus dem englischen „*vegetarian*“ übernommen und eingedeutscht wurde. Seit dem 20. Jahrhundert ist jedoch das Wort „*Vegetarier*“ der gängige Begriff, um Personen, die einen vegetarischen Ernährungsstil leben, zu betiteln [Leitzmann 2012].

Vegetarier, die nicht nur auf Fleisch, sondern auch auf Produkte von lebendigen Tieren verzichten (also auch auf Eier, Honig und Milchprodukte), nennt man Veganer. Das Wort „*vegan*“ ist ein Kunstbegriff, welcher auf die im Jahre 1949 in England gegründete Vegan Society bzw. deren Mitbegründer, Donald Watson, zurückzuführen ist. Donald Watson führte diesen Terminus ein, um die vegane Lebensweise mit einem eigenen Begriff deutlich von der vegetarischen abzugrenzen [VGÖ,2016].

Die Vegan Society definierte 1979 eine vegane Ernährungs- und Lebensweise wie folgt: „*Veganismus ist eine Lebensweise, die versucht - soweit wie praktisch durchführbar -, alle Formen der Ausbeutung und Grausamkeiten an leidensfähigen Tieren für Essen, Kleidung und andere Zwecke zu vermeiden; und in weiterer Folge die Entwicklung und Verwendung von tierfreien Alternativen zu Gunsten von Mensch, Tier und Umwelt fördert. In Bezug auf die Ernährung bedeutet dies den Verzicht auf alle Produkte, die zur Gänze oder teilweise von Tieren gewonnen werden*“ [VGÖ, 2016].

2.3.2. Formen

Der Vegetarismus besteht aus einer Vielzahl an Facetten in seiner Durchführung, die durch unterschiedliche Entwicklungen, Motive und Ziele geprägt sind. Daher kann die vegetarische Ernährungsweise keinesfalls als eine homogene Ernährungsweise definiert werden, sondern gliedert sich in verschiedene Formen [Leitzmann, 2012; Leitzmann und Keller, 2013]. Für die Klassifizierung der unterschiedlichen vegetarischen Ernährungsweisen ist die Lebensmittelauswahl ein wichtiges Kriterium. Eine Gemeinsamkeit aller vegetarischen Ernährungsformen ist, dass keine Produkte konsumiert werden, die aus getöteten Tieren hergestellt werden. Hierzu zählen Fleisch und Fisch (einschließlich anderer aquatischer Lebewesen) sowie alle daraus hergestellten Erzeugnisse, wie beispielsweise Gelatine, welche u.a. in Gummibärchen enthalten ist. Die Hauptformen des Vegetarismus unterscheiden sich in der Miteinbeziehung des Meidens von gewissen Lebensmitteln, die von lebenden Tieren stammen [Leitzmann und Keller, 2013]. So verzichten Lakto-Ovo-Vegetarier auf alle Produkte von getöteten Tieren, konsumieren aber sämtliche Erzeugnisse, die von lebendigen Tieren stammen. Im Gegensatz hierzu meiden Lakto-Vegetarier auch noch zusätzlich Eier und alle Produkte, die diese enthalten oder daraus erzeugt werden. Ovo-Vegetarier hingegen konsumieren Eier, verzichten jedoch dafür auf Milch und Milchprodukte [Leitzmann, 2012].

Eine besonders strenge Form des Vegetarismus ist der Veganismus. Veganer verzichten auf alle Nahrungsmittel, welche tierischen Ursprungs sind, wozu neben Fleisch- und Fischerzeugnissen auch Eier, Honig und Milchprodukte zählen. Ein weiteres Charakteristikum einer veganen Lebensweise ist nicht nur die spezielle Ernährung, sondern auch der Verzicht auf die Verwendung sämtlicher Gebrauchsgegenstände und Konsumgüter, welche aus tierischen Produkten hergestellt werden bzw. tierische

Stoffe enthalten. Hierzu zählen u.a. Wolle, Leder, Felle, Haare oder auch Reinigungsmittel, welche Molke enthalten. Eine spezielle Gruppe der Veganer sind die sog. Rohköstler. Sie verzichten zusätzlich auch auf alle erhitzten Lebensmittel und ernähren sich, wie es der Name schon erahnen lässt, ausschließlich von rohen Produkten. Bei dieser Form gibt es jedoch auch Ausnahmen, die zusätzlich noch rohes Fleisch oder rohen Fisch konsumieren. Diese Personen zählen somit nicht zu den Vegetariern und Veganern [Leitzmann und Keller, 2013]. Eine noch strengere Form als die Gruppe der Rohköstler sind Frutarier, auch Fructaner oder Fruganer genannt. Sie konsumieren nur pflanzliche Lebensmittel mit der Voraussetzung, dass die Pflanze bei der Herstellung dieser Lebensmittel nicht beschädigt wird. So werden vor allem Obst und Nüsse konsumiert, da der Baum bei der Ernte keinen Schaden nimmt. Bei Gemüse gibt es wiederum einige Einschränkungen. Hier werden in erster Linie Tomaten und Kürbisse verzehrt, doch die Gruppe der Wurzelgemüse, zu der beispielsweise Kartoffeln oder Karotten zählen, wird zur Gänze gemieden [Taschan, 2016]. Tabelle 2 gibt einen kurzen Überblick über die verschiedenen Formen des Vegetarismus und welche Nahrungsmittel, je nach Art dieser Ernährungsweise, gemieden werden.

Tabelle 2: Formen des Vegetarismus [modifiziert nach: Leitzmann und Keller, 2013; Taschan, 2016]

Bezeichnung	Gemiedene Lebensmittel*
Lakto-Ovo-Vegetarier	Fleisch und Fisch**
Lakto-Vegetarier	Fleisch, Fisch** und Ei
Ovo-Vegetarier	Fleisch, Fisch** und Milch
Veganer	alle vom Tier stammenden Lebensmittel (Fleisch, Fisch**, Ei, Milch, Honig)
Rohköstler	alle vom Tier stammenden Lebensmittel (Fleisch, Fisch**, Ei, Milch, Honig) und alle erhitzten Lebensmittel
Frutarier	alle vom Tier stammenden Lebensmittel (Fleisch, Fisch**, Ei, Milch, Honig) und alle Lebensmittel, welche eine Beschädigung der Stammpflanze zufolge haben

* hierzu zählen auch alle aus den genannten Lebensmitteln erzeugte Produkte

** Der Begriff Fisch beinhaltet hier auch alle aquatischen Tiere.

Eine weitere, nicht offizielle Gruppe von sich vegetarisch ernährenden Personen stellen die sog. „Pudding-Vegetarier“ dar. Der Begriff bezeichnet Menschen, die zwar das Kriterium eines Lakto-Ovo-Vegetariers erfüllen, jedoch stark verarbeitete Lebensmittel mit einer hohen Energie- und geringen Nährstoffdichte konsumieren. Die Konsequenz daraus sind oft Nährstoffmängel und infolgedessen gesundheitliche Probleme. Die Gruppe der Pudding-Vegetarier hat den Anhängern des Vegetarismus einen schlechten Ruf eingebracht, da durch diese in der Gesellschaft der Irrglaube entstand, dass Vegetarier schwach, kränklich und mangelernährt seien. Heute hat sich die Akzeptanz und gesellschaftliche Stellung der Vegetarier jedoch wieder deutlich verbessert [Leitzmann und Keller, 2011; Leitzmann, 2012].

2.3.3. Geschichte

2.3.3.1. Antike

Schon in der Antike haben sich bedeutende Dichter und Denker mit dem Töten von Tieren zur Nahrungsbeschaffung auseinandergesetzt. Tierkämpfe und Hetzjagden waren sehr beliebt und gesellschaftlich hoch angesehen. Den Konsum von Fleisch konnten sich nur reiche Leute leisten, der seltene Fleischverzehr des allgemeinen Volkes war daher hauptsächlich mit religiösen Opferfeiern verbunden. Wer sich dagegen wehrte, Fleisch zu verzehren, brach einen religiösen Brauch und wurde schnell als Außenseiter abgegrenzt und von der Gesellschaft verstoßen. Die Orphiker, eine religiöse Sekte, deren Name auf den Sänger und Dichter Orpheus zurückzuführen ist, war im 6. Jahrhundert v. Chr. die erste Gruppe, welche sich bewusst dem blutigen Opferkult und damit auch dem Fleischverzehr entgensetzte [Gruber, 2012; Leitzmann und Keller, 2013].

Der von der griechischen Insel Samos stammende Philosoph Pythagoras hat in der Zeit um 570 bis 500 v. Chr. den Ansatz der Orphiker aufgegriffen und diesen weitergeführt. Er gilt heute als Begründer des klassischen Vegetarismus, weswegen die vegetarische Ernährungsweise bis in das 19. Jahrhundert hinein als pythagoräische Kost bezeichnet wurde. Seine Beweggründe für eine fleischlose Ernährungsweise griff er auf seinen Reisen durch Asien auf, wo er neue Religionen und Glaubenssysteme kennenlernte. Diese basieren auf der Seelenwanderung und Wiedergeburt, weswegen der Genuss von allen beseelten Wesen und somit auch von Fleisch verpönt war, um keine

Artgenossen und möglicherweise nahe Verwandten zu verzehren. Auch im Urchristentum spielte die vegetarische Ernährung eine Rolle, doch mit dem Laufe der Zeit setzte sich in der Kirchengeschichte die Anthropozentrik des biblischen Menschenbildes durch. Sie besagt, dass Menschen eine unsterbliche Seele haben und Tiere somit vergängliche Wesen sind [Leitzmann, 2012; Baumgartner 2000].

Abgesehen von den religiösen Hintergründen erkannte man auch schon in der Antike um 460 bis 370 v. Chr., dass zu viel Fleischkonsum gesundheitliche Folgen mit sich bringt. In dieser Erkenntnis waren sich viele Ärzte einig, allen voran der von der griechischen Insel Kos stammende Arzt Hippokrates, welcher durch verordnetes Fasten mit Vollkornbrot, Obst und rohem Gemüse einen vegetarischen Lebensstil förderte [Baumgartner, 2000].

2.3.3.2. Zeitalter der Industrialisierung

Im Laufe der industriellen Revolution, welche im 18. Jahrhundert in England begann, erreichte der Vegetarismus gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Europa und den USA erstmals eine breite Öffentlichkeit. Da viele Menschen von den rasanten gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und auch kulturellen Veränderungen im Zuge der Revolution verunsichert waren und den Wunsch zurück zu einem einfachen Leben hatten, bildete sich eine Gegenstrombewegung in Form einer auf den Grundsätzen des Naturalismus basierenden Lebensreform. Als Vorbild dieser Bewegung diente der französische Philosoph Jean-Jacques Rousseau. Er propagierte einen naturverbundenen einfachen Lebensstil und eine vegetarische Ernährungsweise. Viele Anhänger der Naturheilkunde förderten ebenso den Naturalismus. Der Naturalismus wurde auch von vielen Anhängern der Naturheilkunde gefördert. Ärzte verordneten ihren Patienten, ergänzend zu ihren Heilungsmethoden, eine fleischlose Ernährung, welche den Heilungsprozess unterstützen sollte und auch als Krankheitsprophylaxe diente [Leitzmann, 2012; Leitzmann und Keller, 2013].

Mit der Industrialisierung kam es auch zu Veränderungen in der Lebensmittelproduktion, was vor allem in der Zeit ab 1850 zu einer starken Zunahme des Fleischkonsums führte. Dies bewirkte wiederum eine steigende Zunahme an Zivilisationskrankheiten in der Bevölkerung, weswegen die moderne Ernährungsweise immer mehr in Frage gestellt wurde und der Vegetarismus laufend neue Anhänger fand. Mit der „Vegetarian

Society“ wurde im Jahre 1847 die erste vegetarische Gemeinschaft in England ins Leben gerufen; sie bildete auch den Mutterverein aller darauffolgenden Gemeinschaften. 3 Jahre später gründete sich die erste Vegetarian Society in den USA. Im Jahre 1876 entstand schließlich auch in Deutschland mit der Gründung des Vereins für natürliche Lebensweise die erste vegetarische Vereinigung. 1908 wurde in Dresden die Internationale Vegetarier-Union gegründet, welche seither regelmäßig internationale Kongresse veranstaltet [Leitzmann, 2014; Gruber, 2012; Leitzmann, 2012].

2.3.3.3. Aktuelle Situation

Heute gibt es eine Vielzahl an Vereinen, die sich die Interessenvertretung und Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung einer vegetarischen Ernährung zum Thema gemacht haben. Mit der Gründung der European Vegetarian Union (EVU) im Jahr 1985 wurde in Europa ein Dachverband für alle nationalen Vegetarier-Verbände geschaffen. Die EVU vergibt auf nationaler sowie internationaler Ebene das sog. V-Label (Abbildung 1), welches als geschützte Handelsmarke eingetragen ist und vegetarische sowie vegane Lebensmittel und Gebrauchsmittel kennzeichnet und somit als Orientierungshilfe für den Verbraucher dient [Gruber, 2012; Leitzmann und Keller, 2013; V-Label GmbH, 2017].



Abbildung 1: Vegetarisches und veganes V-Label der EVU [V-Label GmbH, 2017]

1970 wurde in Österreich die Österreichische Vegetarier Union (ÖVU) mit Sitz in Graz gegründet. Heute existiert sie nach wie vor, wurde allerdings im Jahr 2016 zum Vegetarierbund Österreich (VEBU) umbenannt. Der VEBU ist Österreichs Hauptanlaufstelle für alle Personen, die sich für eine vegetarische und auch vegane Ernährungsweise interessieren. Ziel des Verbunds ist es, eine vegetarische Ernährung zu fördern, unabhängig davon, welche Beweggründe vorliegen [Gruber, 2012; VEBU Österreich, 2016].

2.3.4. Beweggründe

Es gibt eine Vielzahl an unterschiedlichsten Gründen, weswegen sich Menschen für einen vegetarischen oder veganen Ernährungs- und Lebensstil entscheiden. Diese sind von den persönlichen Zielen, Erfahrungen, Überlegungen und Erwartungen des jeweiligen Individuums abhängig. Meistens spielen auch mehrere Gründe gleichzeitig für die Entscheidung zu einer vegetarischen Ernährungsweise eine Rolle. Zudem sind die Motive nicht immer dauerhaft festgesetzt, sondern können sich im Laufe der Zeit auch verändern. Ein typisches Beispiel hierfür wäre, dass eine Person ursprünglich ethische Gründe als Anreiz für eine vegetarische Lebensform hatte, mit der Zeit jedoch gesundheitliche Motive immer mehr an Bedeutung gewannen. Möchte man nun eine Einteilung der verschiedenen Beweggründe vornehmen, so können im Wesentlichen die 4 Motivbereiche Religion, Ethik, Gesundheit und Ökologie unterschieden werden. Eine noch detailliertere Aufschlüsselung mit weiteren Beweggründen für einen vegetarischen Ernährungsstil ist in Tabelle 3 dargestellt. Hierzu zählen neben den bereits erwähnten Motivbereichen auch ökonomische, ästhetische, hygienisch-toxikologische, kosmetische, politische, soziale und spirituelle Anliegen [Leitzmann und Keller, 2013; Leitzmann, 2012].

Tabelle 3: Motive für eine vegetarische Ernährungs- und Lebensweise [modifiziert nach: Leitzmann und Keller, 2013]

Motive für eine vegetarische Ernährungs- und Lebensweise	
ethisch	• Töten als Unrecht • Recht der Tiere auf Leben und Unversehrtheit • Mitgefühl mit Tieren • Ablehnung der Massen- bzw. Intensivtierhaltung • Ablehnung der Tiertötung als Beitrag zur Gewaltfreiheit • Ablehnung/ Einschränkung des Verzehrs tierischer Lebensmittel als Beitrag gegen das Welthungerproblem
gesundheitlich	• Allgemeine Gesunderhaltung (undifferenziert) • Körpergewichtsreduktion • Prävention vor bestimmten Erkrankungen • Heilung von bestimmten Erkrankungen • Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit

	• Steigerung der geistigen Leistungsfähigkeit
religiös	• Töten ist eine Sünde • Fleischverzehr als religiöses Tabu • Barmherzigkeit gegenüber Tieren • Fleischverzehr als Teil einer asketischen Lebensweise (Beherrschung der körperlichen Begierden) • Körperliche, geistige und seelische Reinheit
ökologisch	• Beitrag zum globalen Klimaschutz durch den überwiegen- den Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln • Verminderung der Umweltbelastungen, welche durch Tier- haltung verursacht werden • Vermeidung von Veredelungsverlusten
ökonomisch	• Begrenztes Angebot tierischer Lebensmittel (vor allem in Entwicklungsländern) • Begrenzte finanzielle Möglichkeiten
ästhetisch	• Abneigung gegen den Anblick toter Tiere bzw. Tierteilen • Ekel von Fleisch • Höherer kulinarischer Genuss vegetarischer Gerichte
hygienisch- toxikologisch	• Bessere Küchenhygiene in vegetarischen Küchen • Verminderung der Schadstoffaufnahme
kosmetisch	• Körpergewichtsreduktion • Beseitigung von Hautunreinheiten
politisch	• Ablehnung / Einschränkung des Fleischverzehrs als Beitrag gegen das Welthungerproblem • Ablehnung des Fleischkonsums als Bestandteil einer patriarchalen Gesellschaftsordnung
sozial	• Erziehung • Gewohnheit • Gruppeneinflüsse
spirituell	• Freisetzung geistiger Kräfte • Spirituelle Weiterentwicklung • Unterstützung von meditativen Übungen und Yoga • Mäßigung bzw. Beherrschung des Geschlechtstriebes

2.3.4.1. Ethische Motive

Das älteste und auch am häufigsten genannte Motiv für eine vegetarische Lebensweise ist die ethische Überzeugung, dass es ein Unrecht ist, einem Tier Leid zuzufügen und es zu töten. Die Beschäftigung mit dem Verhältnis von Mensch und Tier ist für viele Ethiker ein emotionales Thema und führt oft zu heftigen Diskussionen mit ihren nicht vegetarischen Mitmenschen. Vegetarier mit ethischen Beweggründen lehnen somit das Töten von Tieren zur Nahrungsmittelgewinnung und die oftmals damit verbundene Massen- und Intensivtierhaltung sowie Tiertransporte unter untragbaren Bedingungen strikt ab und versuchen dagegen anzukämpfen. Früher führte dies oft zur Ausgrenzung aus der Gesellschaft, heute werden ihre Meinungen und Ansichten durchaus akzeptiert. Hierzu haben u.a. viele prominente Vegetarier aus Film, Kunst, Sport, Politik und Kirche beigetragen [Leitzmann und Keller, 2013; Leitzmann, 2012].

2.3.4.2. Religiöse Hintergründe

Es gibt viele verschiedene Weltreligionen und Glaubensgemeinschaften, doch haben die meisten ein paar Prinzipien gemeinsam. Zum einen das Streben nach ethischen und moralischen Grundsätzen, das Einhalten einer Gewaltfreiheit sowie das Zeigen von Nächstenliebe und Barmherzigkeit. Diese Leitgedanken werden gerne mit dem Satz *„Handle andere so, wie du von ihnen behandelt werden willst“* zusammengefasst und sind in ähnlichen Ausdrucksweisen in den heiligen Schriften der diversen Religionen zu finden. Somit beschäftigen sich auch viele Glaubensgemeinschaften mit dem Verhältnis von Mensch und Tier. Vor allem der Hinduismus, welcher zu den ältesten Religionen der Welt zählt, befasst sich besonders konsequent mit dem Vegetarismus. Anders sieht das im Christentum, der Religion mit der weltweit größten Anhängerschaft, aus. Das Christentum lebt nach den Grundsätzen der Bibel, in der keine klaren Leitsätze zu einer vegetarischen Lebensweise zu finden sind. Viele Vegetarier sehen jedoch das 5. Gebot - *„Du sollst nicht töten“* - als eindeutiges Bekenntnis für einen vegetarischen Ernährungsstil. Außerdem ist für Anhänger des Vegetarismus die Aussage *„Dann sprach Gott: Hiermit übergebe ich euch alle Pflanzen auf der ganzen Erde, die Samen tragen, und alle Bäume mit samenhaltigen Früchten. Euch sollen sie zur Nahrung dienen“* (1. Mose 1,29) in der Schöpfungsgeschichte ein ihrer Meinung nach klarer Hinweis, dass keine Tiere verzehrt werden sollen. In einer der jüngeren Weltreligionen, nämlich dem Buddhismus, spielt Vegetarismus wiederum eine große

Rolle. Der Verzehr von Fleisch ist ein absolutes Tabu, da Buddhisten an die Reinkarnation, also die Seelenwanderung und Wiedergeburt, glauben. Einer der wohl bekanntesten, sich ein Leben lang vegetarisch ernährenden Buddhist ist Dalai Lama [Leitzmann, 2012].

2.3.4.3. Gesundheitliche Aspekte

Nicht immer sind religiöse oder ethische Anliegen, so wie es das Klischee oftmals vermuten lässt, Auslöser für einen vegetarischen Lebensstil. Es gibt auch eine Vielzahl an Personen, die sich rein aus gesundheitlichen Gründen für eine solche Ernährungsform entscheiden. Diverse Studien, welche sich mit den unterschiedlichen Ansichten von ethisch und gesundheitlich motivierten Vegetariern beschäftigen, zeigen, dass ethische Vegetarier den Verzehr von Fleisch als abstoßend und ekelhaft erachten, wohingegen das bei reinen Gesundheitsvegetariern in der Regel nicht der Fall ist [Ruby, 2012]. Die umfassende Studienlage der letzten Jahre, die der vegetarischen Kostform eine Vielzahl an positiven Wirkungen auf die Gesundheit zuschreibt, gibt vielen Menschen Anlass, ihre Ernährungsgewohnheiten zu ändern. Eine abwechslungsreiche vollwertige vegetarische Ernährung kann daher, wissenschaftlich nachgewiesen, das Risiko für einige Krebsarten, koronare Herzkrankheiten, Herzinfarkte sowie Gicht senken und hilft dabei, Übergewicht zu reduzieren. Auch die Lebenserwartung von Vegetariern ist höher als jene von Gemischtköstlern. Hier ist jedoch zu beachten, dass dies nicht rein an der Ernährungsweise liegt, sondern sicherlich auch mit dem generell gesundheitsbewussteren Lebensstil zusammenhängt, welcher sich in einer gesteigerten körperlichen Aktivität und einem verminderten Verzehr von Genussmitteln widerspiegelt [Leitzmann, 2012].

2.3.4.4. Ökologische Anliegen

Neben ethischen, religiösen sowie gesundheitlichen Motiven stehen in Zeiten des Klimawandels und auch in Verbindung mit der Welthungerproblematik immer mehr ökologische Anliegen im Vordergrund. Der ökologische Schaden, der im Zuge der Fleischproduktionskette entsteht, gibt einigen Menschen zu denken und bewegt zu einer vegetarischen Ernährungsweise. So wird für die Herstellung von Fleischprodukten 10-mal mehr Fläche benötigt, als es beispielsweise für die Herstellung von Pflanzenprotein erforderlich wäre. Alleine 40 % der weltweiten Getreideressourcen werden rein für

Nutztierfütterung verwendet, obwohl mit weniger als der Hälfte davon alle hungernden Menschen der Welt mit Getreide versorgt werden könnten [Leitzmann, 2003]. Die steigende Fleischnachfrage und damit verbundenen Massen- und Intensivtierhaltung führt dazu, dass immer mehr Vieh auf engstem Raum gehalten wird und mehr Gülle anfällt als auf den Äckern ausgebracht werden kann. Zusammen mit der Verwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln führt dies zu einem enormen Stickstoffüberschuss und somit zu erhöhten Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser und folglich auch in diversen Gemüsesorten. Zudem haben die Ammoniumemissionen, welche durch die Ausgasung und Ausscheidungsprodukte der Tiere entstehen, einen negativen Einfluss auf die Umwelt. Sie führen zur Versäuerung der Böden, was infolge des niedrigen pH-Werts zu einer erhöhten Schwermetallbelastung von Böden, Bodenlebewesen und Pflanzen führen kann [Hüttl und Mayer, 1999]. Die Ausgasung von Ammoniak und Methan durch die Nutztiere tragen außerdem zur Förderung des Treibhauseffektes und somit des Klimawandels bei [Leitzmann, 2012]. Doch nicht nur die Fleischproduktion hinterlässt ihre Spuren in unserer Umwelt, auch die Überfischung der Weltmeere und der damit verbundene Artenschwund sowie die intensive Fischhaltung in Form von Aquakulturen stellt ein globales Problem dar und bewegt viele Menschen dazu, auf den Verzehr von Fisch zu verzichten. Der Großteil der Aquakulturproduktion findet in China und anderen asiatischen Ländern statt, wo den Fischeichen oftmals schmutziges Wasser mit Tier- und Mensch-Exkreten zugegeben wird. Dieses wird sowohl von den Tieren als auch vom Menschen aufgenommen, was gesundheitliche Folgen mit sich bringen kann. Auch der präventive Einsatz von Antibiotika ist in der intensiven Fischhaltung nicht unüblich, was nach dem Verzehr der Fische zu Antibiotikaresistenzen führen kann [Sapkota et al., 2008]. Vegetarische Lebensformen können daher durch den Verzicht auf Fleisch und Fisch sowie den daraus hergestellten Produkten einen wirksamen Beitrag zur Schonung der Umwelt leisten [Leitzmann, 2012].

2.3.5. Soziodemografische Merkmale

Die Studienlage zeigt, dass ein vegetarischer Lebensstil mit gewissen soziodemografischen Merkmalen in Verbindung steht. Laut einer Vegetarier-Studie der Friedrich-Schiller-Universität in Jena aus dem Jahr 2006 geht hervor, dass der typische Vegetarier weiblich, jung und überdurchschnittlich gut gebildet ist und aus der Großstadt kommt. Die Ergebnisse spiegeln sich auch in der „Oxford Vegetarian Study“, welche im Zuge der groß angelegten EPIC-Krebsforschungs-Studie stattfand, wieder. Auch

hier waren die Vegetarier hauptsächlich Frauen aus jüngeren Altersgruppen mit meist höherem Bildungsabschluss. Die Tendenz, dass mehr Frauen als Männer zum Vegetarismus neigen, dürfte selbst in der heutigen modernen Gesellschaft zum Teil daran liegen, dass Fleisch lange Zeit ein Symbol für männliche Stärke, Potenz und Dominanz war. Im Gegensatz dazu wurde der Verzehr von Gemüse und Getreideprodukten früher dem schwächeren Bild der Frau zugeordnet. Heute ist klar, dass vor allem kulturelle Gegebenheiten und das soziale Umfeld oft maßgebend für die Entscheidung eines vegetarischen Lebensstils sind. Ein weiteres Indiz dafür, weswegen ein höherer Frauenanteil zum Vegetarismus neigt, könnte sein, dass sich das weibliche Geschlecht eher mit Themen wie Körper, Gesundheit und Ernährung auseinandersetzt als dies bei Männern der Fall ist [Pfeiler und Egloff, 2018; Leitzmann und Keller, 2013]. Die folgende Statistik (Abbildung 2) zeigt die Verteilung der Vegetarier und Veganer in Österreich nach soziodemografischen Merkmalen im Jahr 2017. Für diese Erhebung wurden insgesamt 522 Vegetarier und Veganer im Alter zwischen 14 und 69 Jahren zufällig ausgewählt, um auf die Grundgesamtheit zu schließen [Statista, 2018].

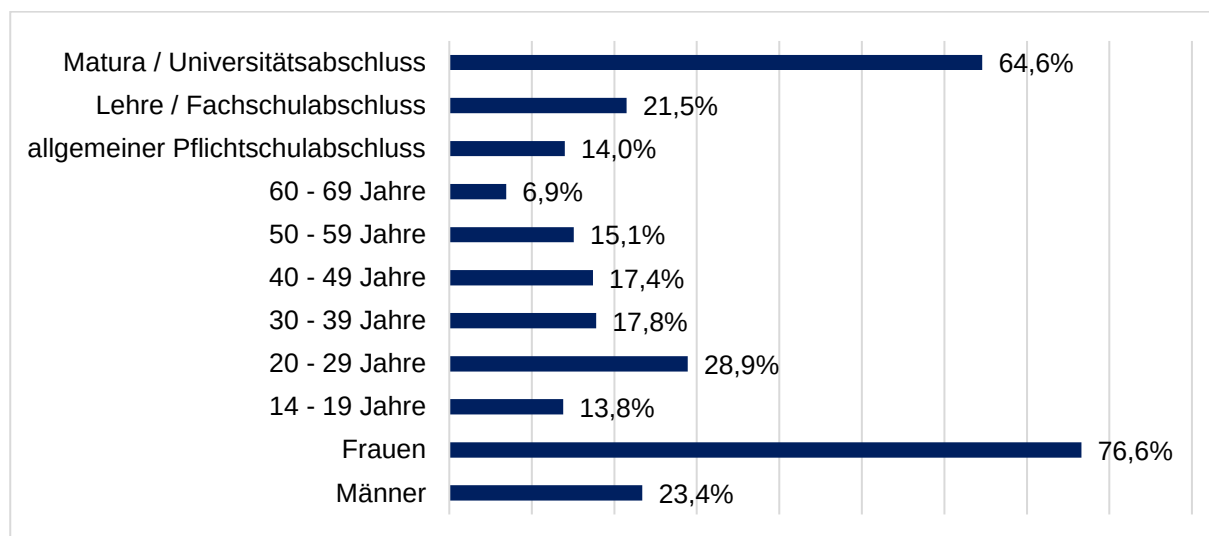


Abbildung 2: Verteilung der Vegetarier und Veganer in Österreich nach soziodemografischen Merkmalen im Jahr 2017 [modifiziert nach Statista, 2018]

2.3.6. Anteil an Vegetariern in Österreich und Weltweit

Etwa ein Drittel der indischen Bevölkerung ernährt sich vegetarisch, wodurch Indien im weltweiten Vergleich eindeutig zum Land mit dem höchsten Vegetarier-Anteil zählt. Dies ist sicherlich auf die dort vorherrschenden Religionen wie dem Buddhismus und Hinduismus und deren Bräuche zurückzuführen. In den restlichen Teilen der Erde sind Vegetarier nach wie vor eine Minderheit [Leitzmann, 2014]. Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Länder mit dem höchsten Anteil an vegetarisch lebenden Personen laut einer Erhebung aus dem Jahr 2016. Österreich steht demnach mit einem Anteil von 9 % gemeinsam mit Deutschland und dem Vereinigten Königreich sogar an fünfter Stelle im Weltranking [Statista, 2018]. Erhebungen aus dem Jahr 2005 ergaben einen Anteil von nur 2,9 % vegetarisch lebender Personen in Österreich, das entspricht einer Anzahl von etwa 230.000 Menschen. Verglichen mit den im Jahr 2016 erhobenen 9 %, was ca. 760.000 Personen entspricht, ist die Steigerung enorm. Der Anteil an Personen in Österreich, welche sich rein vegan ernährt, entspricht ca. 1 % bzw. 80.000 Menschen [VGÖ, 2014].

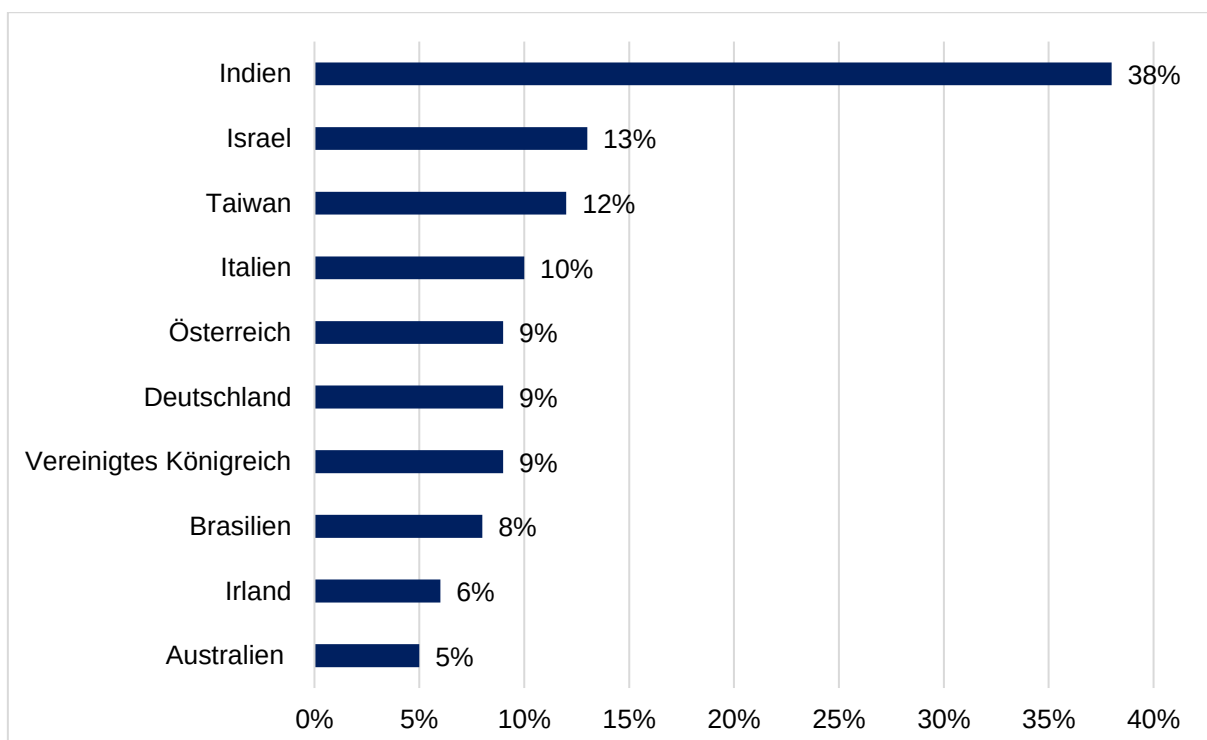


Abbildung 3: Länder mit dem höchsten Anteil an Vegetariern in der Weltbevölkerung [modifiziert nach Statista, 2018]

2.3.7. Energie und Nährstoffversorgung bei vegetarischer und veganer Ernährung

2.3.7.1. Kritische Nährstoffe

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt Omnivoren eine Mischkost mit einem geringen Anteil an Fleisch und Fisch. Da die diversen vegetarischen Kostformen zum Teil gänzlich auf Fleisch- und Fischprodukte verzichten, müssen gewisse Nährstoffe über pflanzliche Lebensmittel alternativ aufgenommen werden. Zu diesen zählen vor allem Proteine und folglich auch Aminosäuren sowie langkettige Omega-3-Fettsäuren (Docosahexansäure, Eicosapentaensäure), Vitamin D, Riboflavin, Vitamin B12 (Cobalamin) und die Mineralstoffe Kalzium, Eisen, Jod, Zink und Selen. Bei einer veganen Ernährungsweise ist das Vitamin B12 ein besonders kritischer Nährstoff. Cobalamin wird von Mikroorganismen produziert und ist in nennenswerten Mengen und in der für den Menschen verfügbaren Form so gut wie ausschließlich in tierischen Lebensmitteln vorhanden. In geringem Ausmaß kommt es auch in Wurzelgemüse, verschiedenen Algenarten und fermentierten Pflanzenprodukten vor, jedoch nicht in ausreichender Menge, um den Bedarf decken zu können [Richter et al., 2016; Leitzmann, 2014].

2.3.7.2. Die Lebensmittelpyramide für Vegetarier und Veganer

Leider gibt es nach wie vor eine große Anzahl an Vegetariern und Veganern, die sich aufgrund einer ungünstigen Lebensmittelzusammensetzung infolge von Unwissenheit nicht optimal ernähren. Die Ernährungspyramide für Vegetarier und Veganer (Abbildung 4) stellt daher eine wichtige Hilfestellung dar, um eine optimale Nährstoffversorgung zu erzielen. Alle Lebensmittel im unteren Bereich der Pyramide sind ernährungsphysiologisch wertvoll, weshalb diese häufiger verzehrt werden sollen. Die Produkte an der Spitze der Pyramide sind weniger hochwertig, weshalb sie seltener konsumiert werden sollen. Hierzu zählen, so wie es in der üblichen Ernährungspyramide für Omnivore auch der Fall ist, vor allem Genussmittel wie Alkohol und Süßigkeiten. Besonders wichtig ist es, auf die besagten kritischen Nährstoffe zu achten. Hierbei wird empfohlen, vorübergehend auch auf angereicherte Lebensmittel oder auch Supplemente zurückzugreifen, um den Bedarf ausreichend zu decken [Leitzmann, 2014; Leitzmann und Keller, 2013].

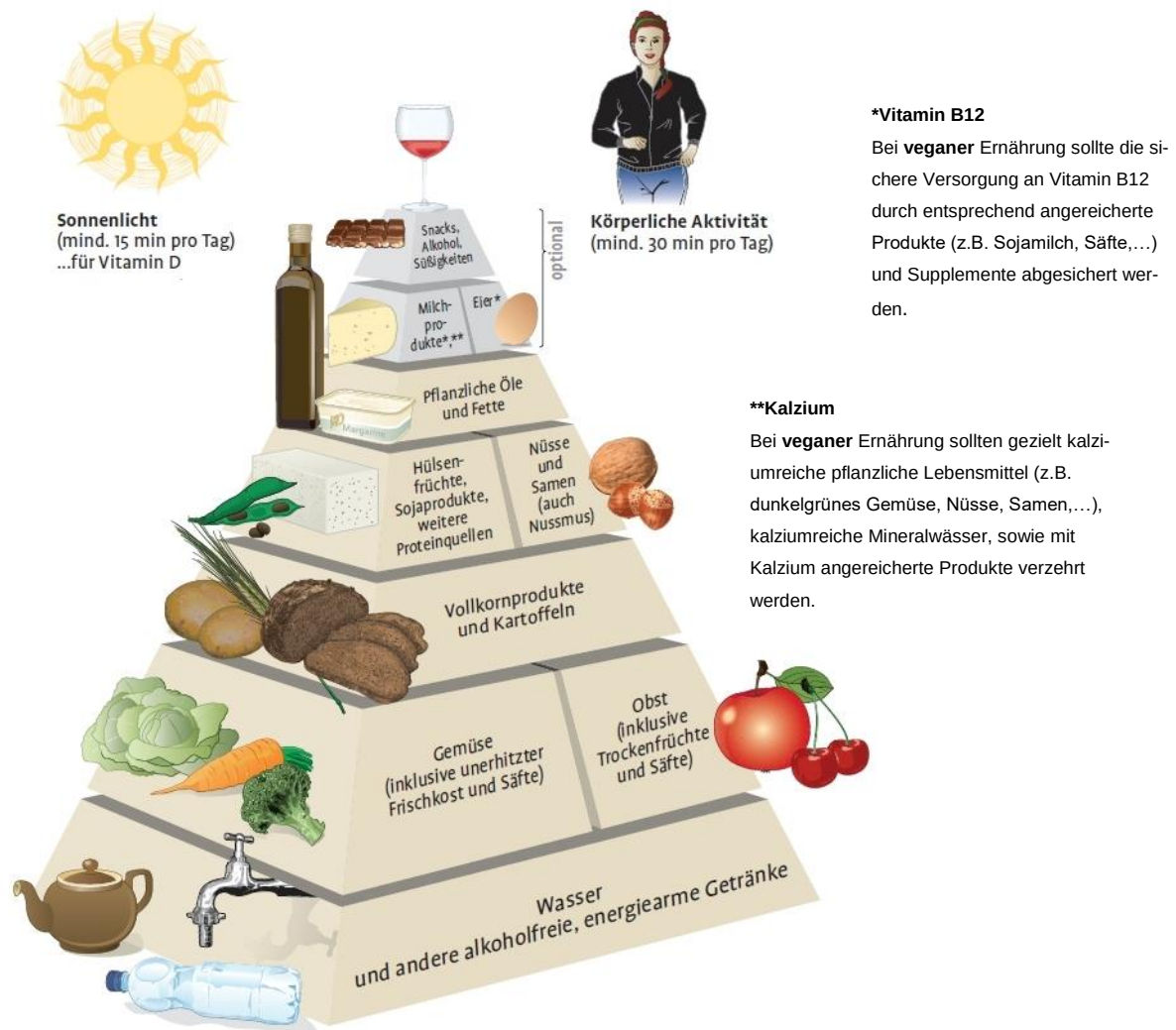


Abbildung 4: Lebensmittelpyramide für Vegetarier und Veganer [Leitzmann, 2014]

2.3.7.3. Gesundheitliche Vorteile vegetarischer Kostformen

Eine vegetarische Ernährungsweise wird, bei Einhaltung der Ernährungsempfehlungen für Vegetarier, mit einer Vielzahl an positiven Effekten auf die Gesundheit assoziiert. So haben Vegetarier oft niedrigere Blutcholesterinspiegel, ein geringeres Risiko für Herzerkrankungen, Bluthochdruck und Diabetes Mellitus Typ 2 sowie ein verringertes Krebs Erkrankungsrisiko. Außerdem tendieren sie zu einem geringeren BMI und sind seltener adipös. Ausschlaggebend für diese gesundheitlichen Vorteile sind sicherlich die erhöhte Ballaststoffaufnahme, die verringerte Zufuhr von gesättigten Fettsäuren und Cholesterol sowie die gesteigerte Aufnahme von Magnesium, Vitamin C und E, Folaten sowie Carotinoiden, Flavonoiden und anderen sekundären Pflanzenstoffen, die sich im Vergleich zu einer omnivoren Ernährungsweise ergeben [ADA, 2009].

2.4. Der Geruchssinn

Der Geruchssinn ist ein Fernsinn und zählt zu den chemischen Sinnen, worunter alle durch chemische Stoffe ausgelösten sensorischen Einwirkungen auf den lebenden Organismus verstanden werden. In die Kategorie der chemischen Sinne fällt auch der Geschmackssinn, wohingegen beispielsweise der Seh- und Gehörsinn den physikalischen Sinnen zuzuordnen sind [Albrecht und Wiesmann, 2006].

2.4.1. Funktionen des Geruchssinns

Neben der taktilen Wahrnehmung, also dem Tastsinn, ist der Geruchssinn das phylogenetisch älteste Sinnessystem. Die Riechfunktion spielte bereits bei den ersten lebenden Wirbeltieren eine wichtige Rolle und bestimmte deren Vorderhirn erheblich. Heute findet man beim Menschen nach wie vor die gleichen Strukturen, jedoch in deutlich erweiterter und erneuerter Form. Das Riechsystem steht durch die gemeinsame evolutionäre Entwicklung mit dem Gefühlssystem eng in Verbindung. Beide Funktionen werden zu einem großen Teil in denselben Gehirnzentren verarbeitet. Aufgrund dieser gemeinsamen Verbindung spielt der Geruchssinn im Alltag eine große Rolle und übernimmt zudem wichtige Aufgaben [Manzini et al., 2014].

Bereits bei der Entstehung eines Menschenlebens trägt der Geruchssinn auf eine gewisse Art und Weise bei. Menschliche Spermatozoen besitzen Geruchsrezeptoren und folgen einer nach Maiglöckchen riechenden Spur, welche von der Eizelle und deren umliegenden Zellen synthetisiert wird, die ihnen den Weg zur reifen Eizelle geleitet [Albrecht und Wiesmann, 2006].

Eine sehr wichtige Aufgabe des Geruchssinns ist seine Funktion als Warnsystem. Er hilft uns dabei, genießbare von ungenießbaren Lebensmitteln zu unterscheiden und somit den Verzehr verdorbener Produkte zu vermeiden, wodurch er uns vor potenziellen Krankheiten schützt. Außerdem lässt er uns Gefahren wie Feuer, Gas etc. wahrnehmen und kann somit zum Lebensretter werden [Hähner und Croy, 2016].

Gerüche lassen uns die Gefühlslage anderer Personen erkennen und bestimmen somit auch maßgeblich unser Sozialverhalten. So merken wir beispielsweise, ob ein Mensch infolge von Angst oder körperlicher Anstrengung schwitzt. Des Weiteren wird

das Sozialverhalten vom Eigengeruch eines Menschen stark beeinflusst. Dieser ist genetisch festgelegt und umso ähnlicher, je höher der Verwandtschaftsgrad zueinander ist. Bereits Neugeborene erkennen ihre Mutter anhand eines Duftes, der von den Brustwarzen abgegeben wird, und können sie somit von Fremden unterscheiden. Gerüche spielen daher eine wichtige Rolle in der Mutter-Kind-Beziehung sowie in der zwischenmenschlichen Kommunikation und haben Auswirkungen auf die Wahl von potentiellen Partnern, indem sie signalisieren, ob man genetisch zueinander passt. Zudem nehmen Gerüche auf unser sexuelles Verlangen Einfluss, welches beispielsweise bei Menschen mit Riechstörungen deutlich vermindert ist [Hähner und Croy, 2016; Manzini et al., 2014, Hatt 2011].

Der Geruchssinn spielt außerdem bei der Nahrungsaufnahme eine wichtige Rolle. So hilft er uns, sowohl vor einer Mahlzeit als auch während des Essens den Appetit zu regulieren, in dem er dabei eine stimulierende aber auch inhibierende Rolle übernimmt. Über das retronasale Riechen können wir Aromen wahrnehmen und erfahren dadurch Freude und Glücksgefühle oder aber auch ein Gefühl von Ekel [Hähner und Croy, 2016, Stevenson, 2010].

2.4.2. Die Anatomie des Geruchsorgans

Das Organ, mit dem wir Gerüche wahrnehmen, ist die Nase. Sie wird durch das *Septum*, die Nasenscheidewand, in 2 getrennte Nasenhöhlen geteilt. In jeder dieser beiden Höhlen befinden sich Nasenmuscheln, auch *Conchen* genannt. Das sind drei übereinanderliegende, wulstartige Gebilde, welche mit einer Schleimhaut (dem respiratorischen bzw. olfaktorischen Epithel) ausgekleidet sind. Auf der obersten der drei *Conchen* befindet sich das Riechepithel. Dieses ist mit einer Fläche von 2 x 5 cm² auf einen relativ kleinen Bereich beschränkt, weswegen man den Menschen auch als „Mikrosomatiker“ bezeichnet. Das Riechepithel besteht aus 3 verschiedenen Zelltypen, nämlich den eigentlichen Riechsinneszellen, den Stützzellen sowie den Basalzellen (Abbildung 5). Der Mensch besitzt etwa 30 Millionen Riechzellen, welche eine Lebensdauer von ca. einem Monat haben. Eine besondere Eigenschaft dieser Zellen ist, dass sie von den Basalzellen, das sind adulte Stammzellen, in regelmäßigen Abständen erneuert werden. Sie sind somit eine der wenigen Nervenzellen im adulten Nervensystem, die zur mitotischen Teilung fähig sind [Hatt, 2011; Hatt 2003].

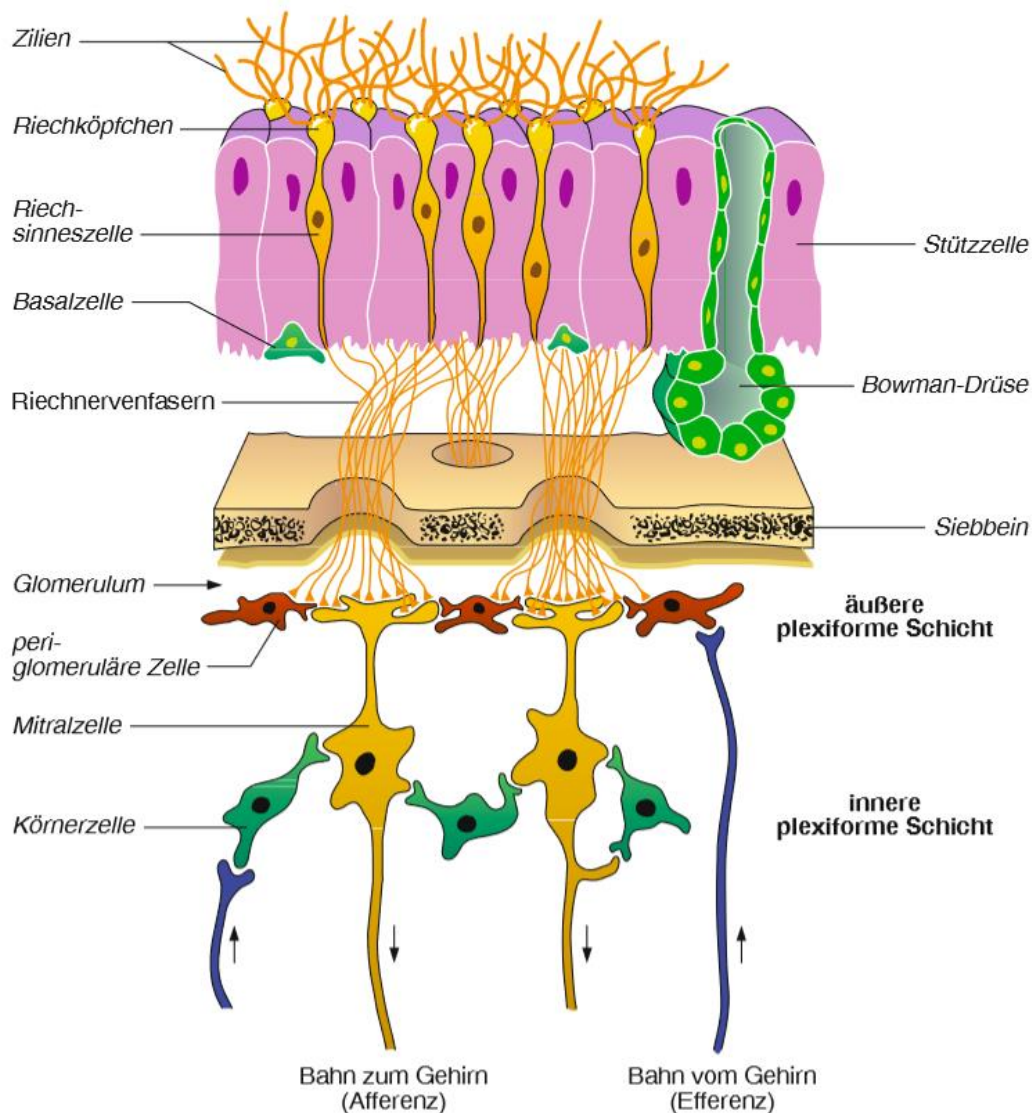


Abbildung 5: Schematischer Aufbau der Riechschleimhaut mit Verbindung zum Riechkolben [Hatt, 2006]

Riechsinneszellen sind mit einer Geruchsschwelle von 10^7 Molekülen pro Milliliter Luft sehr empfindliche Sinneszellen [Lang und Lang, 2007]. Sie sind primäre, bipolare Nervenzellen, die im Neuroepithel der Regio Olfactoria liegen [Silbernagl, 2006]. Durch die Sekretion der Bowmanschen Drüsenzellen wird dieses Epithel mit einer calciumhaltigen Schleimschicht bedeckt [Legrum, 2015]. Am apikalen Ende tragen die Dendriten der Riechsinneszelle zahlreiche, in diese Schleimschicht ragende Sinneshaare, auch Zilien genannt, die so mit der Außenwelt und somit den Geruchsstoffen in Verbindung treten [Hatt, 2006]. Zudem hat die Schleimschicht eine Schutzfunktion und bietet zur Auslösung der Aktionspotentiale das passende

lonenmilieu [Legrum, 2015]. Die langen dünnen Nervenfortsätze - sog. Axone - am basalen Ende der Riechzelle ziehen hingegen zentralwärts und stehen in direktem Kontakt mit dem Gehirn. Die Axone laufen in Bündeln von Tausenden (auch *Fila olfactoria* bezeichnet) durch die Siebbeinplatte (*Lamina cribrosa*), um zusammen als Riechnerv (*Nervus olfactorius*) direkt zum Riechkolben (*Bulbus olfactorius*) in der vorderen Schädelgrube zu gelangen (Abbildung 5) [Silbernagl, 2006; Hatt, 2006].

Hier treten sie in den synaptischen Kontakt mit den glomerulären Ausläufern der Mitralzelle, welche die Aktionspotenziale an höhere Hirnregionen weiterleitet. Die kugelförmigen synaptischen Kontaktstellen nennt man Glomeruli. Bis zu einige tausend Axone der Riechsinneszellen bilden Synapsen mit den primären Dendriten von 5 bis 25 Mitralzellen, was eine sehr starke Konvergenz im Nervensystem zur Folge hat [Thurnher et al., 2011]. An den sekundären Dendriten der Mitralzellen bilden die Dendriten der Körnerzellen dendritische Synapsen aus, mit Hilfe deren hemmenden Wirkung die Impulsbildung der Mitralzellen kontrolliert werden kann. Die Körnerzellen wiederum stehen unter einer starken efferenten Kontrolle. Auch an den periglomerulären Zellen enden efferente Axone. Die periglomerulären Zellen liegen zwischen den Glomeruli und verbinden diese miteinander. Sie erhalten ebenfalls Synapsen von den Axonen der Riechsinneszellen, wodurch sie eine erste Informationsverarbeitung innerhalb der Glomeruli ermöglichen [Birbaumer und Schmidt, 2006].

Die Axone der Mitralzellen leiten die Informationen über den *Tractus olfactorius* zum Riechhirn weiter, wo die Weiterverarbeitung der Signale erfolgt. Die olfaktorischen Projektionsfelder sind das *Tuberculum olfactorium*, die *Area praepiriformis*, der *Corpus amygdaloideum* sowie die *Regio entorhinalis* [Thurnher et al., 2011]. Von diesen Regionen gelangen die Informationen letztendlich zum primären olfaktorischen Kortex, zum *Cortex praepiriformis*, zum Hypothalamus, zur *Formatio reticularis*, zu den *Corpora amygdala*, zum Hippocampus sowie über den Thalamus zur Großhirnrinde [Lang und Lang, 2007]. Aufgrund dessen erklärt sich auch der Zusammenhang, weswegen die Wahrnehmung von Gerüchen oft von Emotionen begleitet ist [Thurnher et. al., 2011].

2.4.3. Olfaktorische Reizweiterleitung

Der Mensch kann in etwa 10.000 verschiedene Düfte der Duftklassen blumig, ätherisch, moschusartig, kampferartig, schweißig, faulig, minzeartig und stechend unterscheiden [Lang und Lang, 2007]. Die Duftstoffe gelangen mit der Atemluft zur *Regio olfactoria*, wo sie in der von den Bowmanschen Drüsenzellen produzierten Schleimschicht gelöst werden [Silbernagl, 2006].

Durch gewöhnliches Einatmen gelangen allerdings nur etwa 2 % der Atemluft in die olfaktorisch sensible Region, wodurch die Geruchsempfindung nicht so stark ist wie beim Schnüffeln. Hierbei kommt es nämlich zu einer Verwirbelung der eingeatmeten Luft, wobei wesentlich mehr Geruchsstoffe zur *Regio olfactoria* gelangen und die Reize dadurch auch stärker wahrgenommen werden [Bücking, 1999]. Die Aufnahme der Duftstoffe über direktes Riechen wird als pronasale Geruchswahrnehmung bezeichnet. Geruchsmoleküle können auch über den retronasalen Weg, d.h. während des Verzehrs von Lebensmitteln, zum olfaktorischen Epithel gelangen. Dies basiert auf der Verbindung der Mundhöhle mit den beiden Nasenhöhlen [Bojanowski und Hummel, 2012].

Damit ein chemisches Signal, der Duftreiz, in ein elektrisches Zellsignal umgesetzt werden kann, ist ein kaskadenartiger biochemischer Verstärkungsmechanismus notwendig (Abbildung 6). Das bedeutet, dass jeder Duftstoff zuerst ein spezifisches Rezeptorprotein finden muss, um daran andocken zu können [Hatt, 2003]. Diese olfaktorischen Rezeptoren (OR) sind in den äußeren Membranen der Zilien ansässig. Die Sinneshärchen ragen, wie bereits in Punkt 2.4.2. beschrieben, in die Schleimschicht des Riechepithels hinein, wo die Rezeptoren mit den im Schleim gelösten vorliegenden Duftstoffen in Kontakt treten [Legrum, 2015].

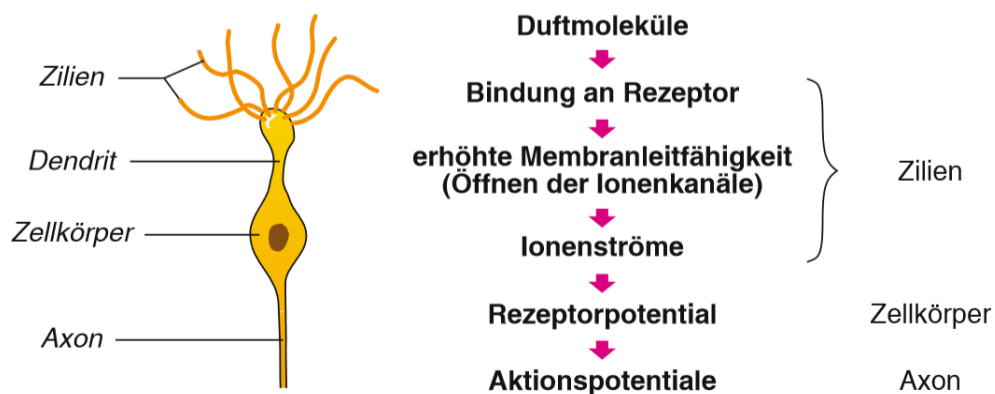


Abbildung 6: Schema der Transduktionskaskade in Riechzellen

Der Weg der Bindung des Duftmoleküls an das Rezeptorprotein bis zum Auftreten der Aktionspotentiale am Nervenfortsatz [Hatt, 2006]

Die Rezeptorproteine stellen die größte Genfamilie im menschlichen Genom dar und umfassen in etwa 350 Mitglieder. Sie kommen meist in Clustern vor und sind über alle Chromosomen, mit Ausnahme der Chromosomen 20 und Y, verteilt. Die Rezeptoren sind sich in ihrer molekularen Struktur relativ ähnlich und gehören der Proteinsuperfamilie der G-Protein-gekoppelten Rezeptoren an, wozu auch die Rhodopsin-Rezeptoren, b-adrenerge Rezeptoren und m-Acetylcholinrezeptoren zählen [Hatt, 2011]. Jede Riechzelle exprimiert aus dieser Vielzahl von verschiedenen OR-Genen jeweils nur einen einzigen Typen davon [Legrum, 2015]. Die Rezeptorproteine antworten daher spezifisch auf eine chemisch genau definierte Klasse von Geruchsstoffen. Wenn es zu einer Wechselwirkung eines Duftmoleküls und dem spezifisch passenden Rezeptorprotein kommt, wird ein intrazellulärer Signalverstärkungsmechanismus, die sog. Second Messenger Kaskade ausgelöst. Dies führt zur Aktivierung eines spezifischen G-Proteins, welches wiederum das Enzym Adenylatcyclase aktiviert. Infolgedessen kommt es zu einem schnellen Anstieg der cAMP-Konzentration in der Zelle [Hatt, 2006]. Die cAMP-Moleküle öffnen nun auf direktem Wege, d.h. ohne eine Phosphorylierung, die unspezifischen Kationenkanäle für Natrium- und Kalium-Kationen in der Membran des Sinneszelldendriten. Aufgrund des Verstärkungsmechanismus der Kaskade kann ein einziges Duftmolekül bis zu einigen tausend dieser cAMP-Kanäle freisetzen, weswegen sich eine außergewöhnlich niedrige Schwelle für bestimmte Duftstoffe ergibt. Angesichts des Einstroms der Kationen in die Zelle kommt es zu einem depolarisierenden Rezeptorpotenzial, wodurch wiederum die Frequenz der Aktionspo-

tenziale erhöht wird. Die unspezifischen Kationenkanäle besitzen auf der zytosolischen Seite Bindungsstellen für Ca^{2+} -Calmodulin. Bei Besetzung dieser Bindungsstellen kommt es zu einer Blockierung des Ca^{2+} -Einstroms in die Zelle (Abbildung 7) [Bierbaumer und Schmidt, 2006; Hatt, 2006].

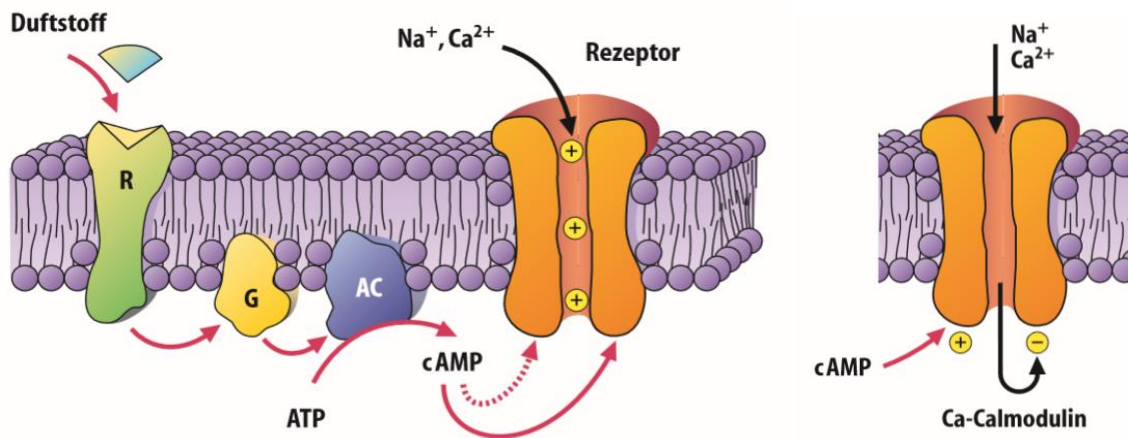


Abbildung 7: Schema der Transduktionskaskade in Riechzellen [Hatt, 2011]

Links: Die Bindung eines Duftmoleküls an ein G-Protein führt zur Aktivierung der Adenylatcyclase, wodurch es zu einem Anstieg von cAMP kommt. Dieses führt zur direkten Öffnung eines unspezifischen Kationenkanals.

Rechts: Blockierung des Ca^{2+} -Einstroms durch Bindung von Ca^{2+} -Calmodulin.

Neben den Geruchsrezeptoren kann es auch zur Erregung der freien Nervenendigungen des *Nervus trigeminus* kommen [Lang und Lang, 2007]. Der *Nervus trigeminus* wird als fünfter Hirnnerv bezeichnet und versorgt mit seinen drei Ästen *Nervus ophthalmicus*, *Nervus maxillaris* und *Nervus mandibularis* die Haut und die Schleimhäute des Gesichtes sowie die Kaumuskulatur. Die Nasenscheidewand wird vom *Nervus ophthalmicus* versorgt, wohingegen die Conchen der Versorgung des *Nervus maxillaris* unterliegen. Dadurch ergeben sich verschiedene Möglichkeiten für die Duftstoffe mit innervierten Oberflächen Kontakt aufzunehmen und somit zusätzliche Sinnesreize auszulösen. Das trigeminale System macht u.a. auf die mögliche Entstehung eines Schadens aufmerksam und ist ein Teil der Nozizeption (Schmerzwahrnehmung). Die Geruchsempfindungen werden oft als stechend, beißend, scharf, brennend oder kühlend wahrgenommen, wohingegen oft reflektorische Abwehrmaßnahmen in Form von Speichelsekretion, Tränenfluss, Nießreflex oder eines unterbrochenen Atemrhythmus

einsetzen [Legrum, 2015]. Vor allem die beiden Empfindungen stechend und beißend (ausgelöst durch Salzsäure, Ammoniak sowie Chlor) sind typisch für das nasal-trigeminale System [Hatt, 2006]. Doch die Empfindungen über das trigeminale System sind nicht unbedingt negativ. Zu den positiven Erfahrungen zählen beispielsweise die Wahrnehmung von Senf, Meerrettich, Menthol, Kohlensäure oder auch Zwiebeln [Legrum, 2015].

2.4.4. Duftempfindlichkeit

Bei der Duftempfindlichkeit wird zwischen der Erkennungs- sowie der Wahrnehmungsschwelle (Reizschwelle) unterschieden. Die Wahrnehmungsschwelle ist die Konzentration eines Duftstoffes, bei der ein Geruch wahrgenommen wird aber keinem spezifischen Duft zugeordnet werden kann. Die Erkennungsschwelle kennzeichnet die Konzentration, bei der der Duftstoff auch identifiziert und spezifisch benannt werden kann [Legrum, 2015]. Die beiden Schwellen unterscheiden sich in der Regel um den Faktor 10. Dies kann je nach Geruchsstoff variieren, da die menschliche Nase auf gewisse Geruchsstoffe besonders empfindlich reagiert [Hatt, 2006].

Neben diesen beiden Schwellen gibt es auch noch die Unterschiedsschwelle. Sie beschreibt den Konzentrationsunterschied, der notwendig ist, um zwei verschiedene Konzentrationen desselben Duftstoffs unterscheiden zu können [Lang und Lang, 2007]. Voraussetzung hierfür ist, dass sich die Konzentration der beiden Reize um mind. 25 % unterscheidet [Hatt, 2006].

2.4.5. Hedonik

Unter Hedonik wird die subjektive Bewertung eines Duftes verstanden. Ein Duft kann entweder als angenehm oder unangenehm wahrgenommen werden. Für einige Gerüche spielt dabei die genetische Determination eine Rolle. So werden Düfte der Natur als angenehm und der Geruch von verdorbenem Fleisch als unangenehm empfunden. Die meisten Duftstoffe bewerten wir jedoch infolge unserer Erziehung und durch Prägung bzw. anhand der Situation, in der ein Geruch erstmals wahrgenommen wurde [Hatt, 2006; Lang und Lang, 2007].

2.4.6. Adaption und Habituation

Der Begriff Adaption leitet sich vom lateinischen Wort *adaptare* ab und bedeutet „sich anpassen“. Organismen bzw. deren Sinnesorgane können sich an veränderte Umweltbedingungen anpassen, um dadurch ihre Umwelt besser zu nutzen oder umweltbedingte Störungen auszugleichen [Bützer, 2003]. Dies geschieht, indem eine vom Reiz ausgehende physikalische Reaktion der Sinneszellen eine Herabsetzung der Empfindlichkeit herbeiführt. Bei der Geruchswahrnehmung ist die Adaption stark ausgeprägt und kann bereits bei einer einmalig andauernden Stimulierung erfolgen [Mücke und Lemmen, 2010]. Das Eintreten der Adaption ist von der Art des Duftstoffes, der Konzentration des Reizes sowie von der Dauer der Erholungsphase nach einem Reiz abhängig [Hatt, 2006]. Sehr langanhaltende Reize mit einer hohen Intensität benötigen oft eine stundenlange Erholungszeit oder können sogar zu einem vollständigen Verschwinden der Geruchswahrnehmung führen [Mücke und Lemmen, 2010; Hatt, 2006].

Abbildung 8 zeigt die schematische Darstellung der Adaption. Die Schwelle steigt am Anfang rasch an, wird wieder langsamer und bleibt bei einem Vielfachen der Ausgangsschwelle letztendlich konstant. Je höher nun die Konzentration eines Duftstoffes ist, desto länger dauert es, bis das Plateau erreicht ist [Mücke und Lemmen, 2010].

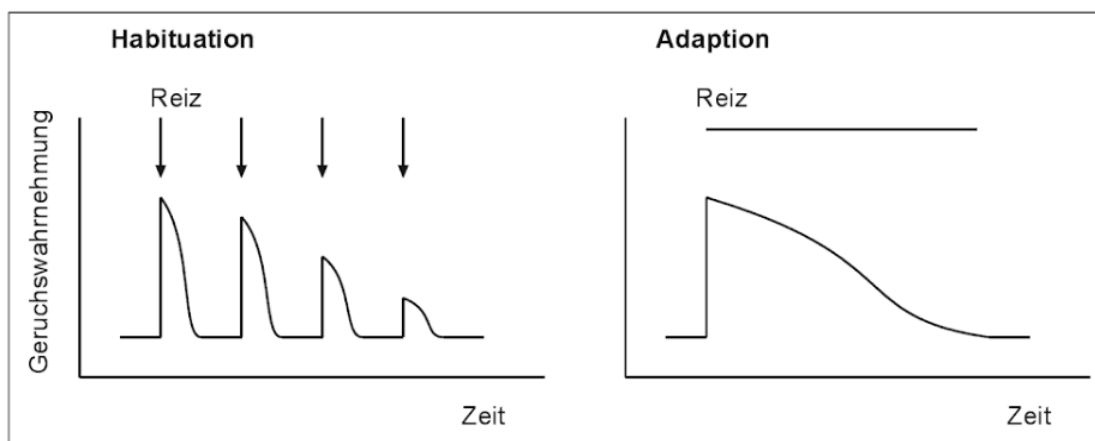


Abbildung 8: Schematische Darstellung von Adaption und Habituation [Mücke und Lemmen, 2010]

Ein typisches Beispiel für Adaption ist, dass der Duft des eigenen Parfums zwar beim Auftragen intensiv wahrgenommen wird, doch nach längerem Tragen kaum noch gerochen wird. Erst nach einer erneuten Anwendung des Parfums wird die Reizgrenze

wieder überschritten und kann für kurze Zeit nochmals registriert werden. Die Adaption schützt durch diese Funktion den Geruchssinn vor einer permanenten Überreizung [Bützer, 2003].

Unter Habituation oder auch Gewöhnung versteht man das schrittweise Nachlassen einer Reaktion auf Reize, die über eine längere Zeit wiederholt auftreten. Die Habituation basiert auf persönlichen Erfahrungen, wobei man gelernt hat, auf bestimmte Düfte nicht mehr zu reagieren. Gerüche, die man kennt und mit denen man vertraut ist, erfahren daher weniger Aufmerksamkeit als neue, unerwartete Gerüche. Wie in Abbildung 8 schematisch dargestellt, werden unangenehme Gerüche im Laufe der Zeit als weniger unangenehm empfunden und attraktive Gerüche hingegen auch als weniger attraktiv. Durch die Gewöhnung kommt es also zu einer Neutralisierung der Wahrnehmungsempfindung [Mücke und Lemmen, 2010].

2.4.7. Störungen des Geruchssinns

2.4.7.1. Quantitative Riechstörungen

Hyposmie

Hierbei kommt es zu einer angehobenen Geruchsschwelle [Thurnher et al., 2011]. Menschen mit einer Hyposmie haben daher eine verminderte Riechleistung [Hatt, 2011].

Hyperosmie

Die Hyperosmie ist das Gegenstück zur Hyposmie, wobei es zu einer gesenkten Geruchsschwelle und somit einer erhöhten Riechleistung kommt [Thurnher et al., 2011; Hatt, 2011].

Anosmie

Funktionelle Anosmie: Darunter versteht man eine extreme Einschränkung des Riechvermögens. Es kommt zu einem vollständigen Riechverlust mit einem geringen Restriechvermögen [Förster et al., 2004].

Komplette Anosmie: Hierbei handelt es sich um den vollständigen Verlust des Riechvermögens. Es ist absolut kein Restriechvermögen mehr vorhanden [Förster et al., 2004].

Partielle Anosmie: Personen, die an dieser Riechstörung leiden, haben, verglichen mit der allgemeinen Bevölkerung, eine deutlich verringerte Sensibilität gegenüber einem bzw. mehreren Duftstoffe [Förster et al., 2004].

2.4.7.2. Qualitative Riechstörungen

Phantosmie

Phantosmatiker nehmen Duftstoffe wahr, die objektiv nicht vorhanden sind [Hähner und Croy, 2016].

Parosmie

Personen mit einer Parosmie nehmen einen vorhandenen Duftstoff, im Vergleich zu Menschen mit einem normal ausgeprägten Riechvermögen, qualitativ verändert wahr [Hähner und Croy, 2016].

Kakosmie

Bei dieser Form der Riechstörung werden Gerüche fälschlicherweise als schlecht und unangenehm empfunden [Lang und Lang, 2015].

Agnosmie

Menschen mit einer Agnosmie haben eine fehlende Fähigkeit, wahrgenommene Gerüche zu erkennen. Sie tritt beispielsweise bei Alzheimerpatienten auf [Förster et al., 2004].

Olfaktorische Intoleranz

Von einer olfaktorischen Intoleranz ist die Rede, wenn eine Person eine übersteigerte subjektive Empfindlichkeit gegenüber einem Geruch äußert, obwohl eine normale olfaktorische Sensitivität vorliegt [Förster et al., 2004].

2.4.8. Einflussfaktoren auf die olfaktorische Wahrnehmung

2.4.8.1. Extrinsische Faktoren

Rauchen

Es ist wissenschaftlich nachgewiesen, dass das Rauchverhalten einen Einfluss auf die Geruchswahrnehmung hat. Es besteht eine Dosis-Wirkungs-Beziehung, d.h., je mehr Zigaretten konsumiert werden, desto wahrscheinlicher ist das Risiko für eine verringerte olfaktorische Wahrnehmung. Bei Beendigung des Rauchens erholt sich der Geruchssinn wieder [Vennemann et. al, 2008]. In einer Studie von Gudziol et al. (2013) wurde untersucht, ob akutes oder chronisches Rauchen unterschiedliche Auswirkungen auf das Riechvermögen hat. Hierfür wurden 40 Raucher und 43 Nichtraucher getestet, wobei bei den Rauchern Messungen direkt nach dem Rauchen und teilweise nach einer zweistündigen Rauchabstinenz durchgeführt wurden. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigte, dass Raucher ein signifikant verringertes Riechvermögen haben, wobei es sich nach der Rauchkarenz regeneriert und auf das Niveau der Nichtraucher verbessert hat. Die Studienergebnisse zeigten somit, dass akutes Rauchen einen kurzfristigen reversiblen Einfluss auf die Geruchswahrnehmung hat, wohingegen chronisches Rauchen einen langfristig irreversiblen Einfluss zeigt.

Alkoholkonsum

Übermäßiger Alkoholkonsum hat einen Einfluss auf das Riechvermögen und kann zu einer gestörten Geruchswahrnehmungsfähigkeit führen. In einer Studie von Rupp et al. (2003) durchgeführte Geruchstests zeigten, dass alkoholabhängige Personen im Vergleich zur (aus nicht alkoholabhängigen Personen bestehenden) Kontrollgruppe signifikant schlechtere Ergebnisse erzielten. Auch Greenberg et al. (2013) kamen zum selben Resultat. Sie beschäftigten sich mit der Untersuchung diverser Einflussfaktoren auf den Geruchssinn und konnten folglich feststellen, dass Alkoholmissbrauch einen schädigenden Effekt auf das Riechvermögen hat.

Krankheiten

Es gibt eine Vielzahl an Krankheiten, die sich negativ auf die Geruchswahrnehmung auswirken können. Hierzu zählen vor allem Entzündungen der Nase und Nasennebenhöhlen, chronischer Schnupfen oder Ursachen respiratorischer oder postviraler Natur. Auch nach einem Schädel-Hirn-Trauma kommt es zur Verringerung der

olfaktorischen Wahrnehmung [Damm et al., 2004]. Besonders bei neurodegenerativen Erkrankungen treten häufig Riechstörungen als Begleiterkrankung auf [Hähner und Welge-Lüssen, 2010]. In einer Studie von Peters et al. (2003) wurde mit Hilfe von elektrophysischen und psychophysischen Untersuchungen das Riechvermögen von Alzheimerpatienten sowie Patienten mit leichten kognitiven Einschränkungen erforscht. Die Ergebnisse zeigten, dass im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe eine olfaktorische Dysfunktion vorlag. Des Weiteren konnte bei Personen, die am idiopathischen Parkinson-Syndrom (IPS) leiden, bei Untersuchungen eine relevante olfaktorische Dysfunktion festgestellt werden. Diese äußert sich bei IPS-Patienten vor allem in Form einer mittelschweren Hyposmie bis hin zur funktionellen Anosmie [Herting et al., 2008]. Eine weitere Erkrankungsform, die beim Riechvermögen eine Beeinträchtigung verzeichnet, ist Multiple Sklerose. Es gibt eine Vielzahl an Studien, die eine olfaktorische Dysfunktion bei Patienten mit dieser Krankheit belegen [Rolet et al., 2013]. Auch bei Personen mit einer Schizophrenie wurden Beeinträchtigungen der olfaktorischen Wahrnehmungsfähigkeit festgestellt. Eine Studie von Turetsky et al. (2000) zeigte zudem ein verkleinertes Volumen des Riechkolbens bei Schizophrenikern, verglichen mit der gesunden Kontrollgruppe.

Medikamenteneinnahme

Die Einnahme von Medikamenten kann besonders bei einer längeren Anwendung pathologische Veränderungen der Nasenschleimhaut zur Folge haben. Diese äußern sich oft in Form einer allergischen oder vasomotorischen Rhinopathie oder aber auch in Form einer hyperplastischen oder atrophischen Rhinitis, welche wiederum einen Einfluss auf das Riechvermögen haben. Zudem können Medikamente auch in seltenen Fällen zu einer hämorrhagischen Nasenschleimhautveränderung führen und somit eine Riechstörung auslösen. Durch Medikamenteneinnahme bedingte Riechstörungen sind in der Regel reversibel [Gastpar, 1986]. Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 4) gibt einen Überblick über Medikamente, die Riechstörungen hervorrufen können:

Tabelle 4: Medikamente, die zu Riechstörungen führen können [Steinbach et al., 2008]

Substanzgruppe	Medikamente
ACE-Hemmer	Captopril, Enalapril, Lisinopril
Calcium-Kanalblocker	Amlodipin, Diltiazem, Nifedipin
Anti Hyperlipidämie	Lovastatin, Simvastatin, Pravastatin

Antidepressiva	Amitryptilin
Diuretika	Hydrochlorothiazid, Amilorid, Spironolacton
Antirheumatika	Diclofenac, Methotrexat
Thyreostatika	Methimazol, Propylthiouracil
Antibiotika	Penicillin, Ampicillin, Tetracyclin, Metronidazol
Pilzmittel	Amphotericin B, Terbinafin

Frauen, die Kontrazeptiva einnehmen, haben eine erhöhte Geruchssensibilität. Eine Studie von Derntl et al. (2013) zeigte, dass die Einnahmedauer oraler Kontrazeptiva und der Geruchswahrnehmung signifikant korreliert. Das bedeutet, dass je länger die Probandinnen die Kontrazeptiva einnahmen, desto besser war ihre olfaktorische Wahrnehmung.

2.4.8.2. Intrinsische Faktoren

Geschlecht

Die Studienlage zeigt, dass das Geschlecht einen Einfluss auf den Geruchssinn hat. So haben Frauen im Vergleich zu Männern eine besser ausgeprägte Geruchswahrnehmungsfähigkeit. Die Gründe hierfür sind bisher noch nicht ausreichend erforscht, doch es wird angenommen, dass die Wirkung von Hormonen in der frühen Entwicklungsphase auf verschiedene Gehirnregionen eine Rolle spielt. Auch im Hinblick auf soziale Beziehungen und bei der Partnerwahl sind Frauen viel geruchsorientierter als Männer [Doty und Cameron, 2009].

Alter

Es ist wissenschaftlich bestätigt, dass sich die Geruchswahrnehmungsfähigkeit mit dem Alter verändert. So ergaben Untersuchungen, dass ältere Menschen geringere Gehirnaktivitäten als jüngere Personen haben, was sich folglich auch auf deren Riechvermögen auswirkt [Heckel et al., 2011]. Eine Studie von Bhatnagar et al. (1987) zeigte auch ein signifikant verringertes Volumen des Bulbus olfactorius sowie eine signifikant verringerte Anzahl der Mitralzellen bei älteren Menschen, verglichen mit der jungen Kontrollgruppe. Zudem nehmen im Alter die nasale Schleimsekretion sowie der mukoziliäre Transport ab, was zu hormonellen und metabolischen Funktionsänderungen führt. In weiterer Folge kommt es zu einer erhöhten Verweilzeit der Duftmoleküle im

Riechepithel, was wiederum ein erhöhtes Schädigungsrisiko für das olfaktorische Neuroepithel mit sich bringt. Des Weiteren sind die olfaktorischen Rezeptorneuronen bei älteren Personen weniger selektiv für Geruchsstoffe, was eine schlechtere Geruchsidentifikation und Geruchsdiskrimination sowie eine gesteigerte Duftadaptation zur Folge hat [Steinbach et al., 2008].

2.4.9. Methoden zur Untersuchung der Geruchswahrnehmungsfähigkeit

2.4.9.1. Psychophysische Verfahren

Retronasales Riechen

Durch das retronasale Riechen wird der ursprüngliche Fernsinn zu einem Nahsinn. Die Duftstoffe aus der Nahrung werden mit dem Strom der ausgeatmeten Luft vom Mund- und Rachenraum ins Innere des Nasenraums transportiert, wodurch die Riechstoffe analysiert werden können (Abbildung 9.). Beim orthonasalen Riechen (transnasaler Weg) hingegen zieht die einströmende Luft am Riechepithel vorbei. Die Methode des retronasalen Riechens ist besonders feinfühlig und nuancenreich und wird daher gerne für sensorische Untersuchungen eingesetzt [Legrum, 2015].

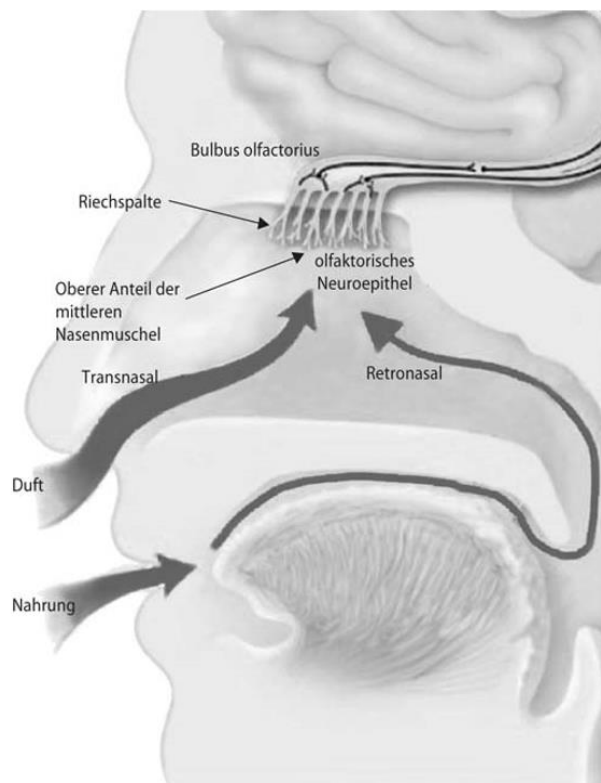


Abbildung 9: Transnasaler und retronasaler Weg der Duftstoffmoleküle zum olfaktorischen Neuroepithel [Steinbach et al., 2008]

Eine Möglichkeit für einen retronasalen Riechtest ist, unter Zuhilfenahme von Sprühverstäubern, das Anbringen von riechendem Speisepulver auf die Zunge. Die Testpersonen bekommen dafür pro Probe 4 Auswahlmöglichkeiten und müssen sich in dieser Zwangsauswahlprüfung für einen der 4 angegebenen Geschmäcker entscheiden [Hummel et al., 2007a].

„Sniffin‘ Sticks“

Sog. „Sniffin‘ Sticks“ sind wiederverwendbare Riechstifte, die als Standard-Testmethode zur Untersuchung der olfaktorischen Wahrnehmungsfähigkeit eingesetzt werden [Hummel et al., 2007a]. Sie wurde im Jahre 1995 von Kobal und Hummel entwickelt und ist seither in ganz Europa ein anerkanntes Verfahren, um Riechstörungen zu evaluieren [Rumeau et al., 2016; Kobal et al., 1996].

Ein „Sniffin‘ Stick“-Set besteht aus insgesamt 112 Riechstiften, welche auf 3 verschiedene Tests aufgeteilt sind. Sie gliedern sich in den Schwellentest, welcher zur Ermittlung der Geruchsschwelle dient, dem Diskriminationstest, welcher der Unterscheidung von Gerüchen zum Ziel hat, sowie dem Identifikationstest, bei dem die Probanden / Patienten Gerüche erkennen sollen [Burghart, 2012].

Der „Sniffin‘ Stick“-Test der deutschen Firma Burghart Messtechnik kam für die vorliegende Studie zur Untersuchung der olfaktorischen Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern, Veganern und Omnivoren zur Anwendung; dies wird im Methodik-Teil ausführlicher erläutert.

2.4.9.2. Elektrophysische Verfahren

Elektrophysische Verfahren benötigen einen hohen apparativen Aufwand, sodass sie nur von wenigen Einrichtungen durchgeführt werden. Sie dienen zur objektivierenden Untersuchung von Riechstörungen, indem mit Hilfe von sog. Olfaktometern olfaktorische evozierte Potenziale abgeleitet werden [Hummel et al., 2007a].

Während der Untersuchung wird der Nase kontinuierlich nicht riechende Luft zugeführt, welcher in Intervallen von 30 bis 45 Sekunden olfaktorische Reize - in Form von Duftstoffen - für 200 ms zugesetzt werden. Dies führt letztendlich zur Auslösung der

evozierten Potentiale, die im EEG abgelesen werden und Aufschluss über das Riechvermögen geben. Die Duftmoleküle, die für die Untersuchung eingesetzt werden, sind in der Regel Vanillin, der nach Rosen duftende Phenylethylalkohol oder der nach verfaulten Eiern riechende Schwefelwasserstoff [Hummel et al, 2007a].

2.4.9.3. Biopsien aus der Regio olfactoria

Mit Hilfe von morphologischen Untersuchungen kann man feststellen, ob die Peripherie olfaktorische Reize umsetzen kann. Biopsien geben daher Rückschlüsse, ob eine Riechstörung periphere Ursachen hat. Für diese Art der Untersuchung werden neurale Stammzellen aus dem Riechepithel entnommen, welche relativ leicht zugänglich sind [Hummel et al., 2007a].

2.4.9.4. Volumetrische Untersuchungen des Bulbus olfactorius

Der Riechkolben spielt eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung von Gerüchen. Im Tierversuch wurde festgestellt, dass ein verringertes Volumen des Bulbus olfactorius mit einem verringerten Riechvermögen einhergeht. Daher ist die Untersuchung des Volumens vom Riechkolben für Forschungszwecke besonders spannend. Volumetrische Untersuchungen des Bulbus olfactorius benötigen erfahrenes Personal und werden nur in wenigen spezialisierten Einrichtungen vorgenommen. Die Messung wird mit Hilfe eines MRTs durchgeführt, bei dem die Patienten mit einer zirkular polarisierenden Kopfspule untersucht werden [Hummel et al., 2007a].

3. Material und Methoden

Um die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern, Veganern und Omnivoren vergleichen zu können, wurden im Zeitraum vom 20. Juli bis 13. Oktober 2017 an insgesamt 187 Probanden Geruchstests mittels „Sniffin‘ Sticks“ durchgeführt.

3.1. Probanden

3.1.1. Probandenrekrutierung

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte zum einen über Aufrufe auf den Social Media Portalen Facebook und Instagram und zum anderen über persönliche Ansprache und dem Verteilen von Flyern in vegetarischen und veganen Lokalen (VOODIES, Veggiezz, Swing Kitchen) sowie an den diversen Wiener Universitäten (Universität Wien, Wirtschaftsuniversität, Executive Academy der WU, Technische Universität Wien). Des Weiteren wurden durch Unterstützung von der Veganen Gesellschaft Österreich und dem Verein gegen Tierfabriken zusätzliche Personen gefunden. Auch einige Mitarbeiter der beiden Vereine selbst konnten zur Teilnahme an den Geruchstests gewonnen werden; diese haben ebenfalls einen Aufruf über Social Media gestartet.

Bei der Probandenrekrutierung wurde gezielt nach Personen im Alter zwischen 18 und 46 Jahren gesucht, da in diesem Altersbereich das Riechvermögen am optimalsten ausgeprägt ist. Des Weiteren wurde auf ein einigermaßen ausgeglichenes Verhältnis zwischen der Anzahl von Männern und Frauen sowie von Vegetariern, Veganern und Omnivoren geachtet.

Die Ausschlusskriterien für die Rekrutierung der Probanden lauteten wie folgt:

- Keine Raucher (beinhaltet auch E-Zigaretten-Raucher)
- Keine bestehende Schwangerschaft
- Keine Personen im Alter unter 18 Jahren sowie über 46 Jahren
- Keine bestehende Erkältung zum Untersuchungszeitpunkt
- Keine alkoholabhängigen Personen
- Keine Personen mit einer Krankheit, die das Riechvermögen möglicherweise beeinflusst (z.B.: Parkinson, Alzheimer, Multiple Sklerose, Diabetes Mellitus Typ 2, etc.).

3.1.2. Charakteristika der Probanden

Für die vorliegende Studie wurde die Geruchswahrnehmungsfähigkeit an insgesamt 187 Probanden untersucht. Wie in Abbildung 10 zu sehen ist, waren davon 103 Personen weiblich und 84 Personen männlich.

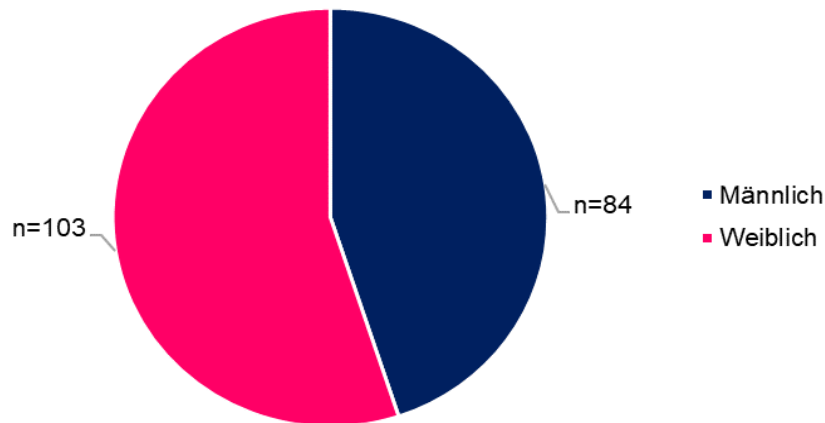


Abbildung 10: Geschlechterverteilung der Probanden

Die Probanden wurden, je nach ihrer angegebenen Ernährungsweise, in drei verschiedene Gruppen eingeteilt, nämlich jene der Vegetarier und Veganer sowie die als Kontrollgruppe dienenden Allesesser, den sog. Omnivoren. In Abbildung 11 wird die Verteilung der Anzahl der Personen pro Gruppe grafisch dargestellt.

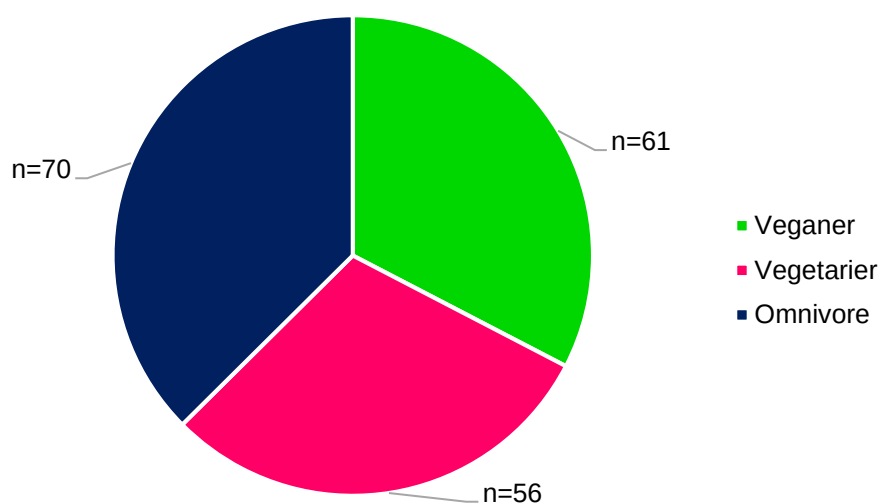


Abbildung 11: Anzahl der Probanden in der Kontrollgruppe und den beiden Untersuchungsgruppen

Von den insgesamt 61 Probanden der ersten Untersuchungsgruppe, den Veganern, waren 33 Personen weiblich und 28 Personen männlich. Ihr Alter lag im Mittel bei $28,31 \pm 7,46$ Jahre. Sie ernährten sich durchschnittlich seit 5 Jahren vegan.

Unter den insgesamt 56 Probanden der zweiten Untersuchungsgruppe, den Vegetariern, waren 30 Frauen und 26 Männer. Ihr Durchschnittsalter betrug $25,48 \pm 5,61$ Jahre. Im Schnitt ernährten sie sich seit 5 Jahren vegetarisch.

Die insgesamt 70 Probanden der Kontrollgruppe bestanden aus 40 weiblichen und 30 männlichen Personen, wobei ihr Durchschnittsalter $25,21 \pm 5,35$ Jahre betrug.

Da für diese Studie ausschließlich Personen im Alter zwischen 18 und 46 Jahren – d.h. junge Erwachsene - rekrutiert wurden, erfolgte keine weitere Einteilung der Probanden in Altersklassen. Die folgende Grafik (Abbildung 12) gibt dennoch einen Überblick über die Verteilung des Alters der Studienteilnehmer, bei der Berücksichtigung der Ernährungsweise.

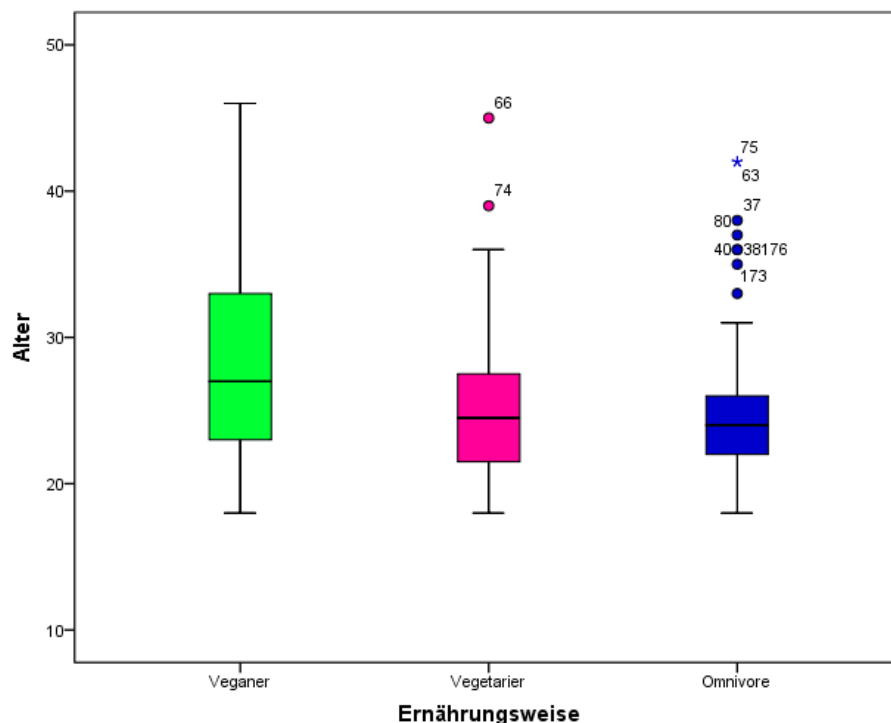


Abbildung 12: Grafische Darstellung der Altersverteilung der Teilnehmer bei der Berücksichtigung der Ernährungsweise

3.2. Methoden

3.2.1. „Sniffin‘ Sticks“

Die im Jahre 1995 von Kobal und Hummel entwickelten „Sniffin‘ Sticks“ sind wiederverwendbare Riechstifte, die europaweit als Standard-Testmethode zur Untersuchung der olfaktorischen Wahrnehmungsfähigkeit angewendet wird [Hummel et al., 2007a; Kobal et al., 1996]. Der bekannteste „Sniffin‘ Sticks“-Produzent ist die in Deutschland ansässige Burghart Messtechnik GmbH.

Die Riechstifte haben die Form und das Aussehen von handelsüblichen Filzstiften. Jeder Stift enthält in seinem Inneren – anstatt der üblicherweise vorhandenen Tinte – einen Tampon mit einer herausragenden Filzspitze (Abbildung 12). Dieser ist mit jeweils 4 ml flüssigem, in Propylenglykol gelöstem Duftstoff getränkt. Die eingesetzten Aromen können sowohl natürlicher als auch künstlicher Art sein und stellen in der verwendeten Konzentration keine gesundheitlichen Bedenken dar. Die Riechstifte sind, so wie jeder normale Filzstift, mit einer Verschlusskappe ausgestattet, die den Stift vor Austrocknung und der Verflüchtigung des Geruchsstoffes schützt. Durch Abnehmen der Kappe wird letztendlich der Duftstoff freigesetzt. Wichtig bei deren Anwendung ist, die Kappe nicht zu lange offen zu halten, um die Lebensdauer des Stiftes nicht zu strapazieren. Die „Sniffin‘ Sticks“ haben eine Länge von 14 cm und einen Innendurchmesser von 1,3 cm. Die Stifte sind zudem mit einem Mindesthaltbarkeitsdatum versehen. Um die Testergebnisse nicht zu verfälschen, ist es wichtig, darauf zu achten, diese nach Ablauf der Mindesthaltbarkeit zu ersetzen.

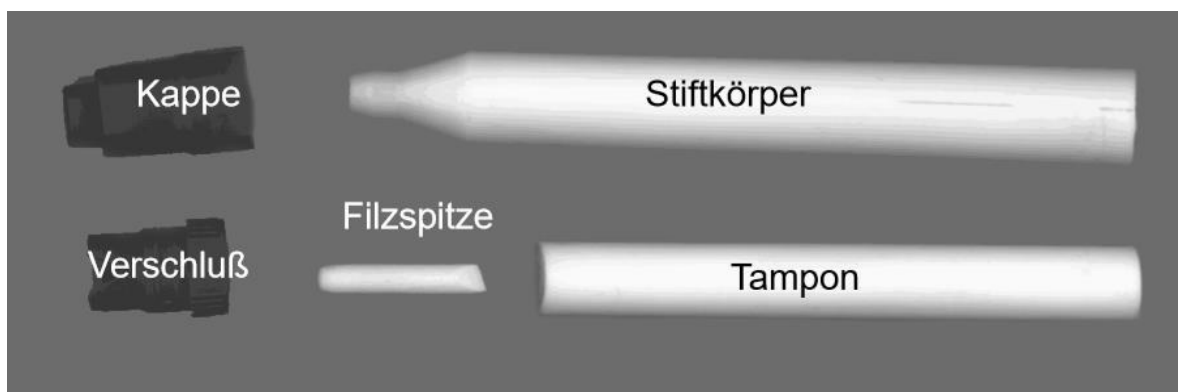


Abbildung 13: Aufbau eines "Sniffin‘ Sticks" [Hummel, o.J.]

Die für die vorliegende Studie verwendeten „Sniffin‘ Sticks“ wurden vom Sensorik Labor der Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien zur Verfügung gestellt.

3.2.2. Untersuchungsablauf

Nach erfolgreicher Rekrutierung der Probanden wurde jeder Teilnehmer angewiesen, am Tag der Untersuchung kein Parfum oder Aftershave sowie stark riechende Deodorants aufzutragen, um die Testergebnisse nicht zu beeinflussen. Zudem sollten die Testpersonen mind. 30 Minuten vor Untersuchungsbeginn keine stark gewürzten Speisen und Getränke konsumieren sowie auf das Kauen von Kaugummi verzichten. Nachdem für die Studie nur Nichtraucher rekrutiert wurden, war der Hinweis, mind. 30 Minuten vor Studienbeginn keine Zigarette zu konsumieren, hinfällig.

Die Testverfahren fanden auf der Wirtschaftsuniversität Wien, der Executive Academy der WU, der VOODIES Systemgastronomie GmbH, im Verein gegen Tierfabriken und der Veganen Gesellschaft Österreich statt. Alle genannten Einrichtungen haben für die Evaluierungen separate, ruhige (gut belüftete und vor allem geruchsneutrale) Räume zur Verfügung gestellt, um mögliche Störfaktoren auszuschließen. Die Räumlichkeiten wiesen alle eine konstante Raumtemperatur auf und waren mit Tischen und Stühlen ausgestattet. Somit konnten die Tests, unabhängig vom Ort, unter gleichen Bedingungen durchgeführt werden, um einen optimalen Testablauf zu gewähren.

Bevor mit den Untersuchungen begonnen wurde, bekamen die Studienteilnehmer eine kurze Einweisung und Erklärung über den Ablauf der in Summe drei durchzuführenden Tests. Jedem Probanden wurde ein 7-seitiges Dokument vorgelegt, welches aus einer Einverständniserklärung (S. 1), einem Fragebogen (S. 2 bis 4), sowie einem Ergebnisprotokoll für die 3 verschiedenen Tests (S. 5 bis 7) bestand. Ein Muster dieses Dokuments findet sich in den Anhängen 9.1. (Einverständniserklärung), 9.2. (Fragebogen) und 9.3. (Ergebnisprotokoll der 3 Tests).

Abbildung 14 zeigt den Untersuchungsaufbau mit besagtem Fragebogen und allen für die Evaluierungen benötigten Utensilien.

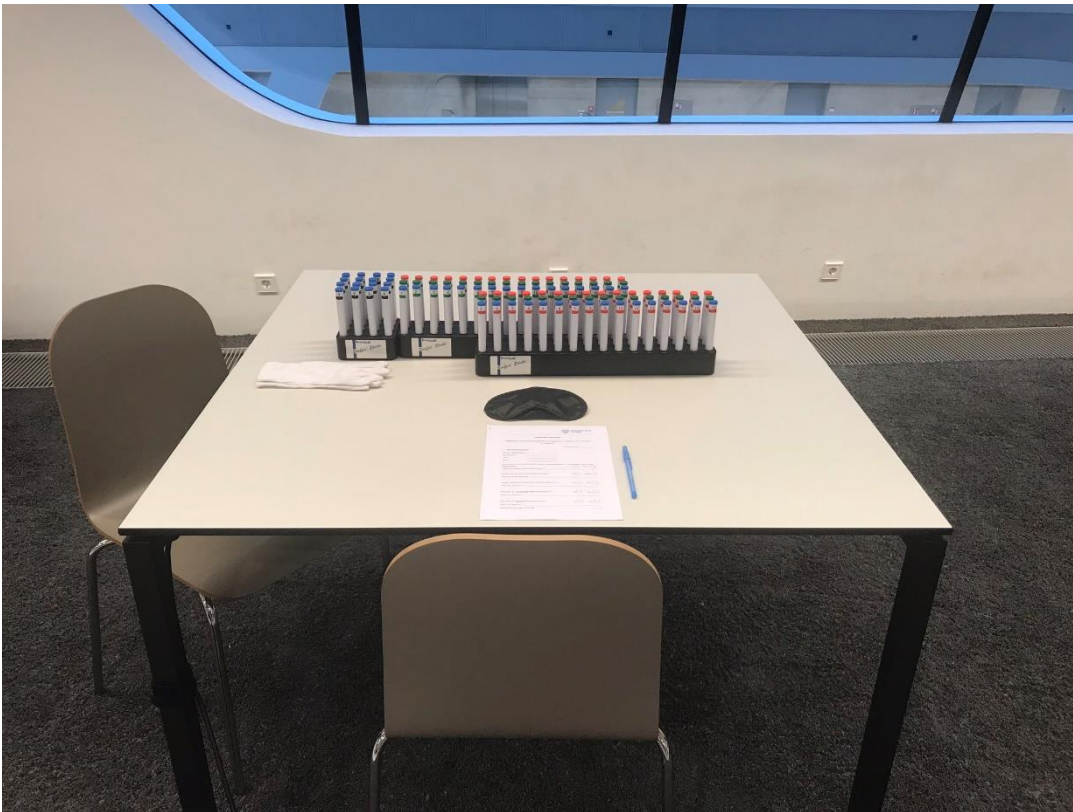


Abbildung 14: Untersuchungsaufbau [eigene Darstellung]

Vor Beginn des ersten Tests musste jeder Proband über die Teilnahme eine Einverständniserklärung unterfertigen, womit er einwilligte, dass seine Daten ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke anonym gespeichert und verwendet werden. Des Weiteren wurde darin auch versichert, dass die Geruchstests mit den „Sniffin‘ Sticks“ harmlos sind und keine gesundheitlichen Gefahren mit sich bringen, die über die Risiken des täglichen Lebens hinausgehen. Die Teilnahme an den Untersuchungen war freiwillig und es stand jedem Probanden frei, zu jedem Zeitpunkt die Studie abubrechen, wovon jedoch niemand Gebrauch machte.

3.2.3. Der Fragebogen

Nach Unterzeichnung der Einverständniserklärung ist jeder Proband gebeten worden, einen insgesamt 3-seitigen Fragebogen auszufüllen. Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass der Proband keine Frage übersieht bzw. auslässt. Bei Eintritt eines solchen Falles wurde er auch sofort darauf hingewiesen, um eine Vollständigkeit der Daten zu gewährleisten.

Der Fragebogen setzte sich aus 3 Teilen zusammen, wobei im ersten Teil allgemeine Angaben, im zweiten ernährungsspezifische Fragen und im dritten Angaben zum Riechvermögen abgefragt wurden. Der allgemeine Teil beinhaltete Fragen nach Name, Alter, Geschlecht und Beruf der teilnehmenden Person. Des Weiteren wurde damit auch ermittelt, ob der Proband in seinem Arbeitsumfeld hohen Staubbelastungen oder Chemikalien und Gasen ausgesetzt ist. Als nächstes erfolgte die Abfrage nach dem Gesundheitszustand des Teilnehmers, womit man Auskunft über eventuelle chronische oder angeborene Erkrankungen sowie die regelmäßige oder aktuelle Einnahme von Medikamenten erhielt. Eine äußerst wichtige Frage zum Gesundheitszustand des Probanden war jene nach einer aktuellen Erkältung, da bejahendenfalls die Teilnahme an der Studie aufgrund eines möglicherweise verminderten Riechvermögens nicht möglich gewesen wäre. Frauen mussten zudem noch Angaben über eine eventuell bestehende Schwangerschaft sowie die Einnahme von hormonellen Kontrazeptiva machen.

Mit den letzten beiden Fragen des ersten Abschnittes wurden der Raucherstatus sowie die Häufigkeit des Alkoholkonsums eruiert.

Der zweite Teil des Fragebogens diente zur Evaluierung der Ernährungsweise, d.h., ob sich der Proband omnivor, vegetarisch, oder vegan ernährte. Die nächste Frage richtete sich ausschließlich an den Vegetarier, um herauszufinden, welche Form des Vegetarismus er praktiziert. Zur Auswahl standen Ovo-Lacto (Verzicht auf Fleisch und Fisch, sowie daraus hergestellte Produkte), Ovo (zusätzlicher Verzicht auf Ei) und Lacto (zusätzlicher Verzicht auf Milch- und Milchprodukte). Anschließend wurde der Vegetarier und Veganer gefragt, wie lange er schon nach dieser Ernährungsform praktiziert.

Der letzte Teil beinhaltete Fragen zum Geruchssinn. Der Proband sollte auf einer 7-stufigen Skala von „überdurchschnittlich gut“ bis „sehr schlecht“ sein eigenes Riechvermögen einschätzen. Anschließend wurde nach evtl. bekannten Riechstörungen wie Anosmie, Hyposmie oder Hyperosmie gefragt. Bei der letzten Frage konnte der Proband noch sonstige Angaben, beispielsweise über eine schiefe Nasenscheidewand oder einen Nasenbruch, machen.

Als weiteres wichtiges Detail wurden im Fragebogen zwecks besserer Nachvollziehbarkeit und leichter Datenzuordnung auch Ort und Datum des Untersuchungszeitpunktes vermerkt. Der Fragebogen diente dazu, die Charakteristika des Probanden herauszufinden und Rückschlüsse auf eventuelle Auswirkungen auf das Riechvermögen ziehen zu können.

3.2.4. Durchführung der Geruchstests

Nachdem der Proband den Fragebogen ausgefüllt hatte, wurde noch darauf hingewiesen, dass er während der Tests nichts essen und bei Bedarf ausschließlich Wasser trinken darf. Weiters wurde ihm mitgeteilt, dass für die Untersuchungen die Technik des Schnüffeln zum Einsatz kommen soll, um optimale Testergebnisse zu erzielen.

Anschließend wurde mit der Testreihe begonnen. In Summe waren 3 verschiedene Geruchstests zu absolvieren, welche in der folglich aufgelisteten Reihenfolge abgewickelt wurden:

- Geruchsschwellentestung zur Evaluierung der Geruchsschwelle für n-Butanol
- Geruchsdiskriminationstest mit überschwelligen Duftstoffen
- Geruchsidentifikationstest mit überschwelligen Düften.

Zwischen jedem Testlauf wurde eine Pause von etwa 3 Minuten eingehalten, um dem Probanden eine kurze Erholungszeit zu gewähren.

Während der Durchführung aller 3 Tests wurden vom Versuchsleiter weiße Baumwollhandschuhe getragen. Die Handschuhe dienten zum einen dem Schutz des Stiftes vor Verunreinigung, aber auch um den Eigengeruch der Hand abzusichern und so eine Beeinflussung des Probanden zu vermeiden. Für alle 3 Tests wurde jeweils ein eigenes Paar Handschuhe verwendet. Dies hatte den Zweck, zu verhindern, dass möglicherweise Duftstoffe der beiden überschwelligen Tests auf den Handschuh gelangen. Andernfalls wäre es bei der Durchführung des nächsten Schwellentests zu einem Störfaktor gekommen, was eine Beeinflussung der Testperson zur Folge gehabt hätte.

Nachdem die Riechstifte des Schwellentests sowie jene des Diskriminationstests am unteren Ende farblich codiert waren, wurde der Proband für diese beiden

Untersuchungen unter Zuhilfenahme einer Schlafmaske verblindet. Auch wenn die Studienteilnehmer über die Codierung der Stifte nicht Bescheid wussten, war eine Verblindung dennoch notwendig, damit das Darbietungsmuster der Stifte nicht erkannt und die Aufzeichnungen des Protokollblattes nicht eingesehen werden konnten. Der Identifikationstest erforderte keine Verblindung, da es in diesem Test keine spezielle Codierung an den „Sniffin‘ Sticks“ gab. Zudem brauchte der Proband hier sein Augenlicht, um das Ergebnisblatt ausfüllen zu können.

Alle drei Tests sind sog. „Forced-Choice-Tests“, d.h. Zwangsauswahlprüfungen. Dies bedeutet, dass sich die Testperson immer für einen der dargebotenen Stifte entscheiden musste, selbst wenn er keinen Duft wahrgenommen hat oder sich unsicher war. Während der Tests erhielt der Proband keinen Hinweis auf die Richtigkeit des jeweils ausgewählten Stiftes.

Die verschiedenen Geruchstests können jeweils über eine einseitige Testung (links oder rechts) als auch über eine beidseitige Evaluierung vorgenommen werden. Bei dieser Studie wurde mit der beidseitigen Version gearbeitet. Hierfür wurden die geöffneten Riechstifte mit ihrer Filzspitze in einem Abstand von etwa 2 cm mittig unterhalb beider Nasenlöcher gehalten und der Proband mit den Worten „Stift 1“, „Stift 2“ oder „Stift 3“ zum Schnüffeln aufgefordert. Jeder Stift wurde einmalig max. 3 bis 4 Sekunden dargeboten. Ein wiederholtes Riechen am gleichen Stift war nicht erlaubt.

Bei der Darbietung der einzelnen „Sniffin‘ Sticks“ wurde darauf geachtet, die Verschlusskappe unmittelbar nach dem Riechen wieder zu verschließen, um die Adaption zu verhindern. Des Weiteren dient das schnelle Verschließen auch der Vermeidung einer Duftbelastung des Raumes, zumal einzelne Stifte sehr intensiv riechen. Wie zuvor bereits erwähnt, trägt dies auch zur längeren Lebensdauer des Stiftes bei. Während der Testdurchführung wurden die „Sniffin‘ Sticks“ stets am unteren Ende angefasst, um einerseits eine Berührung mit der Filzspitze zu vermeiden und andererseits neben der ohnedies erfolgten Verblindung des Probanden die farbliche Codierung der Stifte als zusätzlichen Sichtschutz zu verdecken.

Bei der Darbietung der Riechstifte wurde besonders darauf geachtet, dass der Stift unter keinen Umständen mit der Haut des Probanden in Berührung kommt. Andernfalls

hätte der Stift davon Schaden genommen, was einen Tausch zur Folge gehabt hätte. Jeder Proband wurde daher gebeten, während der Testung stets ruhig sitzen zu bleiben und sich nicht nach vorne zu beugen, sondern immer auf das Signalwort zu warten, um mit dem Riechvorgang zu beginnen.

Die Durchführung aller 3 Testabschnitte hat in etwa 30 bis 45 Minuten pro Person in Anspruch genommen. Am Ende aller drei Untersuchungen wurde dem Probanden seine Geruchsschwelle für n-Butanol sowie die Anzahl der richtig diskriminierten und identifizierten Düfte mitgeteilt. Des Weiteren wurde dem Probanden sein SDI-Score mitgeteilt, welcher die Summe der Ergebnisse aus allen drei Tests bildet. Zu guter Letzt erhielt er noch die Information, ob er über ein normal ausgeprägtes Riechvermögen verfügt oder eventuell an einer Hyposmie leidet.

Als Dankschön für das entgegengebrachte Interesse und den Zeitaufwand für die Teilnahme an der Studie bekam jede Testperson eine kleine Aufmerksamkeit.

3.2.5. Schwellentest

Die Geruchsschwellentestung dient zur Evaluierung, ab welcher Konzentration ein Riechstoff wahrgenommen werden kann. Der Schwellentest ist mit zwei verschiedenen Duftstoffen erwerbbar. Diese sind zum einen Phenylethylalkohol und zum anderen das in der vorliegenden Studie eingesetzte n-Butanol.

Der Schwellentest enthält insgesamt 48 „Sniffin‘ Sticks“, wobei sich diese aus 32 Blanks mit einem Lösungsmittel und 16 Verdünnungen des n-Butanols zusammensetzen. Jene Riechstifte, die die Verdünnungen enthalten, sind am unteren Ende des Stiftes mit einer roten Markierung versehen. Die 32 Riechstifte mit dem Lösungsmittel tragen je zur Hälfte eine grüne und blaue Kennzeichnung. Die Stifte der verschiedenen Farbkategorien sind jeweils mit den Nummern 1-16 versehen. Bei jenen Stiften, die das n-Butanol enthalten, bedeutet dies, dass der Stift mit der Nummer 1 die höchste Konzentration des Duftstoffes enthält während der Stift mit der Nummer 16 die geringste aufweist (Tabelle 5).

Tabelle 5: Konzentration der 16 Verdünnungsstufen des n-Butanols [modifiziert nach: Hummel et al., 2007b]

Stiftnummer	n-Butanol-Konzentration
1	4 %
2	2 %
3	1 %
4	0,5 %
5	0,25 %
6	0,13 %
7	0,0625 %
8	0,03125 %
9	0,015625 %
10	0,0078125 %
11	0,00390625 %
12	0,00195313 %
13	0,00097656 %
14	0,00048828 %
15	0,00024414 %
16	0,00012207 %

Jeder Proband wurde vor Beginn der Schwellentestung über den Ablauf ausführlich informiert. Die Aufgabe der Testperson war es dann, aus den jeweils 3 dargebotenen Stiften jenen zu nennen, dessen Geruch sich von den beiden anderen unterschied. Da dieser Test eine „Forced-Choice“-Prüfung ist, wurde der Proband darauf hingewiesen, sich immer für einen Stift zu entscheiden, auch wenn er sich unsicher war oder er überhaupt keinen Geruch wahrnehmen konnte.

Die Ermittlung der Geruchsschwelle erfolgt über ein sog. „Staircase-Verfahren“. Zu Beginn der Untersuchung wurde der Proband mit dem Geruch des ersten Stiftes, d.h. jenem mit der höchsten n-Butanol-Konzentration, vertraut gemacht und gebeten, sich den Duft gut einzuprägen. In weiterer Folge bekam die Testperson wieder die Schlafmaske angelegt, um Einblicke auf den Protokollzettel oder die dargebotene Stiftreihenfolge zu verhindern. Anschließend konnte mit der eigentlichen Testung begonnen werden. Dem Probanden wurde dazu jeweils ein Stift-Triplett – dieses beinhaltete je einen Stift mit roter, grüner und blauer Markierung – dargeboten. Der zeitliche Abstand

zwischen den 3 dargereichten Stiften betrug ca. 5 Sekunden, jener zwischen den Triplets in etwa 30 Sekunden. Die Aufgabe des Probanden war es nun, aus jedem dargebotenen Triplet den Stift mit der roten Markierung, d.h. jenen mit dem Duftstoff n-Butanol, herauszufinden. Die Entscheidung des Probanden wurde dann nach einer bestimmten Vorgehensweise im Protokollblatt vermerkt (Tabelle 6). Auch die Darbietung der Triplets erfolgte nicht willkürlich, sondern nach einem speziell festgelegten Prinzip.

Die ersten dargereichten Stift-Triplets dienten zur Ermittlung des Startpunktes. Hierfür wurden dem Probanden die Stifte der Verdünnungen 16, 14, 12 etc. (d.h. rückwärts fortschreitend in 2er-Schritten) solange dargeboten, bis die Person den Stift mit dem Duftstoff 2 x hintereinander richtig erkannt hat. Hierbei ist anzumerken, dass ein Triplet derselben Konzentration nur dann 2 x hintereinander angeboten wird, wenn dieses beim ersten Mal bereits richtig erkannt wurde. Ist dies nicht der Fall, so wird das Triplet der nächsthöheren Konzentration vorgelegt. Die Darbietung der verschiedenen Stifffarben erfolgte übrigens immer in randomisierter Reihenfolge, sodass nie dieselbe Stifffarbe als erstes geboten wurde, um zu verhindern, dass für den Probanden daraus ein Muster ersichtlich werden könnte. Im Beispiel aus Tabelle 6 liegt der Startpunkt bei der Verdünnungsstufe Nr. 6 (siehe erste Spalte). Es ergibt sich somit ein erster Wendepunkt.

Nachdem die Startkonzentration ermittelt ist, wird das Triplet mit der nächsthöheren Verdünnung dargeboten. Im Beispiel aus Tabelle 6 wäre das die Verdünnung Nr. 7. Wenn diese ebenfalls 2 x hintereinander richtig erkannt wird, wird wieder die nächsthöhere Verdünnung angeboten, solange bis der Proband eine Fehlentscheidung trifft. Die Konzentration, bei der die Testperson den nächsten Fehler macht, ist dann der nächste Wendepunkt. Im Beispiel wäre das die Verdünnungsstufe Nr. 8 (siehe zweite Spalte). Somit wird anschließend wieder die nächstniedrigere Verdünnung angeboten. In Tabelle 6 wäre das die 7. Verdünnungsstufe. Das geschieht solange, bis eine Konzentration wieder 2 x hintereinander richtig erkannt wird. Somit ergibt sich der 3. Wendepunkt (im Beispiel liegt dieser bei Verdünnung Nr. 5., siehe dritte Spalte). Die Testung wird solange nach diesem Prinzip fortgesetzt, bis insgesamt 7 Wendepunkte erreicht werden.

Die nachstehende Tabelle 6 zeigt ein Beispiel für die grafische Darstellung eines Schwellentestergebnisses. Das „X“ bedeutet hierbei, dass der Stift mit dem Duftstoff richtig erkannt wurde. Das „–“ gibt an, dass der richtige Stift nicht korrekt erkannt wurde. Die ellipsenförmige Umrandung macht ersichtlich, bei welchen Verdünnungen die Wendepunkte liegen.

Tabelle 6: Beispiel eines Protokollblattes zur Ermittlung der Geruchsschwelle [modifiziert nach: Hummel, o.J.]

Verdünnungsstufe							
1							
2							
3							
4							X X
5			X X		X X		–
6	X X		–	–		X –	
7		X X	X –				
8	–	X –					
9							
10	X –						
11							
12	–						
13							
14	–						
15							
16	–						

Aus den Konzentrationen der letzten 4 Wendepunkte (siehe blaue Umrandung) wird nun die individuelle Geruchsschwelle der Testperson errechnet. Dies erfolgt durch Berechnung des Mittelwertes aus den Verdünnungen der letzten 4 Wendepunkte. Betrachtet man nun das Beispiel aus Tabelle 6, würde diese Berechnung wie folgt aussehen: $(6 + 5 + 6 + 4) / 4 = \underline{\underline{5,25}}$.

Somit liegt die Geruchsschwelle (der sog. „S-Wert“) der Testperson aus diesem Beispiel bei 5,25.

3.2.6. Diskriminationstest

Der Geruchsdiskriminationstest ist ein überschwelliger Test und dient zur Evaluierung, wie gut eine Person Gerüche voneinander unterscheiden kann.

Der Diskriminationstest besteht aus insgesamt 48 „Sniffin‘ Sticks“, wobei jeweils 16 Stifte davon mit einer grünen, blauen und roten Markierung versehen sind. Die Stifte jeder Farbe sind mit den Nummern 1 bis 16 beschriftet. Ähnlich wie beim Schwellentest wird auch bei diesem Test mit Tripletts gearbeitet. Der Duftstoff vom grünen Stift des Tripletts unterscheidet sich jeweils von dem mit rot und blau gekennzeichneten, welche beide denselben Geruchsstoff enthalten. Tabelle 7 gibt einen Überblick, welche Duftstoffe sich in den verschiedenen Stiften befinden.

Tabelle 7: Riechstoffe der verschiedenen "Sniffin‘ Sticks" des Diskriminationstests
[modifiziert nach: Waldfahrer, 2008]

Stiftnummer	Stift 1 (grüne Markierung)	Stift 2 und 3 (rote und blaue Markierung)
1	Octylacetat	Zimtaldehyd
2	n-Butanol	2-Phenylethanol
3	Isoamylacetat	Anethol
4	Anethol	Eugenol
5	Geraniol	Octylacetat
6	2-Phenylethanol	Isoamylacetat
7	(+)-Limonen	(+)-Fenchon
8	(-)-Carvon	(+)-Carvon
9	(-)-Limonen	Citronellal
10	2-Phenylethanol	(+)-Menthol
11	(+)-Carvon	Geraniol
12	n-Butanol	(-)-Fenchon
13	Citronellal	Linalool
14	Pyridin	(-)-Limonen
15	Eugenol	Zimtaldehyd
16	Eucalyptol	a-Ionon

Der genaue Testablauf wurde auch hier jedem Probanden vor Beginn der Untersuchung erklärt. Bei diesem Test kam die Schlafmaske abermals zum Einsatz, um zu verhindern, dass die Testperson Einsicht auf den Protokollbogen oder die dargebotenen Stifte hat. Wie auch schon bei der Geruchsschwellentestung, wurden wieder Stift-Triplets dargeboten. Diese bestanden aus jeweils 2 identisch riechenden Stiften (rote und blaue Markierung) sowie einem anders riechenden Stift (grüne Markierung). Dem Probanden wurden dabei die Triplets mit den Nummern 1 bis 16 dargeboten, mit der Aufgabe, den jeweils anders riechenden Stift zu erkennen. Da auch der Diskriminationstest eine „Forced Choice“-Prüfung ist, war eine Entscheidung, selbst wenn sich die Testperson nicht sicher war, notwendig. Die Stifte innerhalb der Triplets wurden in randomisierter Reihenfolge im Abstand von jeweils ca. 5 Sekunden zwischen den Stiften dargeboten. Die zeitliche Distanz zwischen den einzelnen Triplets betrug in etwa 30 Sekunden. Alle Antworten wurden, wie schon zuvor beim Schwellentest, auf dem Ergebnisprotokoll notiert und am Ende die Summe aller richtig erkannten Stifte gebildet; diese ergibt den sog. „D-Wert“ („D“ steht für Diskrimination).

3.2.7. Identifikationstest

Der Geruchsidentifikationstest ist ein überschwelliger Test und dient zur Evaluierung, wie gut eine Person Gerüche erkennen kann.

Der Identifikationstest besteht aus insgesamt 16 „Sniffin‘ Sticks“ mit 16 verschiedenen Duftstoffen.

Vor Beginn der Untersuchung wurde auch bei diesem Test mit jedem Probanden der genaue Ablauf besprochen. Dieses Mal wurde die Testperson aber nicht verblindet, da diese ein Ergebnisblatt vorgelegt bekam, welches selbstständig ausgefüllt werden musste (Tabelle 8). Dem Probanden wurden die Stifte 1 bis 16 im Abstand von jeweils 30 Sekunden zwischen den Stiften dargeboten. Nach jedem dargereichten Stift musste der Proband auf dem Ergebniszettel aus einer Mehrfach-Auswahl jeweils den richtigen Duftstoff identifizieren. Für jede Stiftnummer gab es 4 verschiedene Auswahlmöglichkeiten, wobei jeweils eine den tatsächlichen Duftstoff enthielt. Auch dieser Test ist wieder eine „Forced Choice“-Prüfung, weswegen sich der Proband, auch wenn er sich unsicher war, für eine der 4 Auswahlmöglichkeiten entscheiden musste.

Am Ende wurde aus allen korrekt erkannten Identifikationen eine Summe gebildet, welche den sog. „I-Wert“ darstellt („I“ steht für Identifikation).

Tabelle 8: Ergebnisblatt des Identifikationstests (die korrekten Antworten sind blau markiert)

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

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

3.2.8. SDI-Score

Nach Abschluss des letzten Tests wurde der sog. SDI-Score (Schwelle-Diskrimination-Identifikation-Score) aus den Ergebnissen aller drei Subtests errechnet. Dabei konnte eine Gesamtsumme von insgesamt 48 Punkten erreicht werden. Anhand der erreichten Punktezahl, lassen sich Aussagen über das Riechvermögen treffen.

Wenn der erzielte Gesamtscore bei einem Wert von über 30 liegt, so ist der Proband normosmisch. Liegt der Wert bei 30 oder darunter, liegt eine Hyposmie vor. Besonders kritisch ist ein SDI-Score von unter 15. In diesem Fall liegt eine partielle Anosmie vor [Burghart, 2012].

Für die statistische Auswertung erfolgte des Weiteren der Vergleich der Ergebnisse aus den Einzeltests mit den Normwerten (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung) laut Burghart (2012), die da wären:

- S-Wert: 9.45 ± 0.9
- D-Wert 12.35 ± 1.5
- I-Wert 14.70 ± 1.2

um noch genauere Aussagen über die Riechleistung treffen zu können.

3.3. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung für diese Studie ist mit Hilfe des Statistik-Programms „IBM SPSS Statistics 24“ für Windows durchgeführt worden. Vor Beginn der Auswertung wurde ein α -Signifikanzniveau von 5 % festgelegt. Das bedeutet, dass bei einem α -Niveau von $p \leq 0.05$ ein Unterschied zwischen den untersuchten Variablen besteht.

Für die deskriptive Statistik wurden Mittelwerte, Median sowie Standardabweichung herangezogen. Mit Hilfe dieser Werte konnte die grafische Darstellung in Form von Kreisdiagrammen und Boxplots erfolgen. Dies ermöglichte die übersichtliche Darstellung der Verteilung der Eigenschaften der Studienteilnehmer sowie der Verteilung der Ergebnisse der diversen Geruchstests.

Um Zusammenhänge zwischen der Dauer der Ernährungsweise der verschiedenen Gruppen und den erzielten Testergebnissen festzustellen, wurden Korrelationen vorgenommen. Bei ordinalen Variablen wurde die Korrelation nach Spearman durchgeführt, bei metrischen Variablen wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet. Anschließend erfolgte die grafische Darstellung mittels Streudiagrammen. Hierbei wurde zusätzlich durch die Datenpunkte eine Gerade gelegt, wodurch anhand

der Steigung der Geraden der Zusammenhang zwischen den Daten der x- und y-Achse interpretiert werden konnte.

Für die Inferenzstatistik wurde zuerst die Bedingung auf Normalverteilung mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests sowie dem Shapiro-Wilk-Test geprüft. Bei einer Normalverteilung der Variablen innerhalb jeder Gruppe wurde eine ANOVA mit anschließendem paarweisen Bonferroni post-hoc Test berechnet, wobei die Voraussetzung der Varianzhomogenität mittels Levene-Test geprüft wurde. Da lediglich die Daten des SDI-Score normalverteilt waren, erfolgte nur hier eine Berechnung mittels ANOVA. Die Normalverteilung der Daten des Schwellentests, Diskriminationstests und Identifikationstests war nicht gegeben. Daher erfolgte die Berechnung mittels Kruskal-Wallis-Test mit anschließendem paarweisen Mann-Whitney-U-Test.

Die Hypothesen, die sich auf die Fehlerquote bei der Beantwortung des Identifikationstests beziehen, wurden mit Hilfe des Allgemeinen Linearen Modells (ALM) und anschließend Tukey-HSD (post-hoc Test) beantwortet.

Bei Unterschiedstestungen für 2 Gruppen wurden, je nach Voraussetzungs-lage, entweder der t-Test bei unabhängigen Stichproben (Welch-Test) oder Kruskal-Wallis-Test mit anschließendem paarweisen Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Die Unterschiedstestung für mehrere Gruppen erfolgte mittels ANOVA mit anschließendem paarweisen Bonferroni post-hoc Test, wobei die Voraussetzung der Varianzhomogenität wiederum mittels Levene-Test geprüft wurde.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1. Ergebnisse

4.1.1. Schwellentest

4.1.1.1. Grafische Darstellung der erzielten Schwellen

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die erzielten Schwellen in den beiden Untersuchungsgruppen (Veganer und Vegetarier) sowie der Kontrollgruppe (Omnivoren). Auf der x-Achse sind die 3 verschiedenen Probanden-Gruppen aufgetragen, auf der y-Achse wird dargestellt, wie die erzielten Schwellen innerhalb der Gruppen verteilt sind (S-Score).

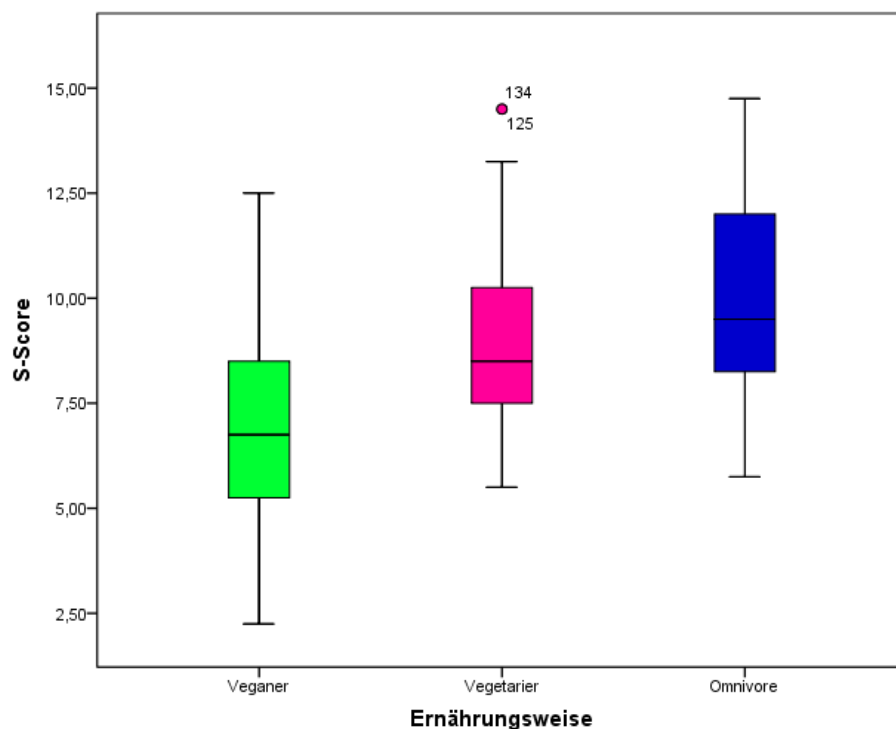


Abbildung 15: Schwellenwerte der evaluierten Gruppen im Vergleich

Der erste Boxplot (Abbildung 15) zeigt, dass 25 % der Veganer eine Schwelle von 5.25 oder darunter erzielten. Der Median, d.h. 50 % der Veganer, lag bei einem Wert von 6.75. Des Weiteren erreichten 75 % der Veganer ein Schwellentestergebnis von 8.5 oder weniger.

Bei Betrachtung des zweiten Boxplot (Abbildung 15) erkennt man, dass 25 % der Vegetarier einen Schwellwert von 7.5 oder darunter erzielten. Der Median lag bei einem Testergebnis von 8.5. Zudem erreichten 75 % der vegetarischen Untersuchungsgruppe eine Schwelle von 10.25 oder darunter.

Der dritte Boxplot (Abbildung 15) zeigt die Ergebnisse der Kontrollgruppe. Hierbei konnten 25 % der Probanden eine Schwelle von 8.25 oder darunter erreichen. Der Median in dieser Gruppe lag bei einem Wert von 9.5. Des Weiteren wird ersichtlich, dass 75 % der Omnivoren ein Schwellentestergebnis von 12 oder weniger erzielten.

Insgesamt hätte beim Schwellentest ein Score von 16 erreicht werden können, was keinem der 187 Studienteilnehmer gelang. Der höchste S-Score lag bei einem Wert von 14.75, welcher von einer Person aus der Gruppe der Omnivoren erzielt wurde. Den niedrigste Schwelle erreichte eine Person aus der veganen Untersuchungsgruppe. Hierbei handelte es sich um einen Wert von 2.25.

Zusammenfassend kann man aus der Grafik schließen, dass die Kontrollgruppe beim Schwellentest am besten und die Gruppe der Veganer am schlechtesten abgeschnitten haben. So erreichten 75 % der Veganer, 50 % der Vegetarier und 25 % der Kontrollgruppe Schwellentestergebnisse außerhalb des Normbereichs von 9.45 ± 0.9 .

4.1.1.2. Vergleich der erzielten Schwellen zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren

Um zu testen, ob es im Hinblick auf das Schwellentestergebnis einen Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgruppen und der Kontrollgruppe gibt, wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet. Dazu wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich des Schwellentestergebnisses.

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich des Schwellentestergebnisses.

Tabelle 9: Output Kruskal-Wallis-Test

Statistik für Test ^{a,b}	
Chi-Quadrat	47.420
Df	2
Asymptotische Signifikanz	.000

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich des Schwellentestergebnisses ($\chi^2(2, n = 187) = 47.420, p \leq .001$). H_0 wird verworfen (Tabelle 9).

Anschließend erfolgte der paarweise Mann-Whitney-U-Test (post-hoc Test), um jeweils 2 Gruppen miteinander zu vergleichen (Tabelle 10, 11, 12).

Vergleich Vegetarier zu Veganer

Tabelle 10: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Veganer)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	888.500
Wilcoxon-W	2779.500
Z	-4.482
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Vergleich Veganer zu Omnivoren

Tabelle 11: Output Mann-Whitney-U-Test (Veganer zu Omnivoren)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	715.500
Wilcoxon-W	2606.500
Z	-6.559
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Vergleich Vegetarier zu Omnivoren

Tabelle 12: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Omnivoren)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1418.500
Wilcoxon-W	3014.500
Z	-2.664
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.008

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Im Rahmen der paarweisen post-hoc Testung (Mann-Whitney-U-Test) zeigte sich, dass sich Personen, die sich vegan ernährten ($Md = 6.75$), von Vegetariern ($Md = 8.50$; $U = 888.500$, $Z = -4.482$, $p \leq .001$) und Omnivoren ($Md = 9.50$; $U = 715.500$, $Z = -6.559$, $p \leq .001$) signifikant unterschieden. Des Weiteren geht hervor, dass auch zwischen Vegetariern und Omnivoren ($U = 1418.500$, $Z = -2.664$, $p = .008$) ein signifikanter Unterschied eruiert werden konnte (Tabelle 10, 11, 12).

4.1.1.3. Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Schwellentests

Um zu untersuchen, ob die Dauer der veganen sowie vegetarischen Ernährungsweise einen Einfluss auf das Ergebnis des Schwellentests hat, wurde eine Korrelation nach Pearson vorgenommen. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mittels Streudiagramm.

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der veganen Ernährungsweise und den erzielten Schwellen

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Schwellentests und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Schwellentests und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

Tabelle 13: Output Korrelation nach Pearson (Veganer)

		S-Score	Dauer (Jahre)
S-Score	Korrelation nach Pearson	1	-.009
	Signifikanz (2-seitig)		.945
	N	61	61
Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	-.009	1
	Signifikanz (2-seitig)	.945	
	N	61	61

Es bestand keine signifikante Korrelation zwischen der Dauer der veganen Ernährungsweise (in Jahren) und dem Ergebnis des Schwellentests ($r = -.01$, $p = .945$, $n = 61$). H_0 wird beibehalten (Tabelle 13).

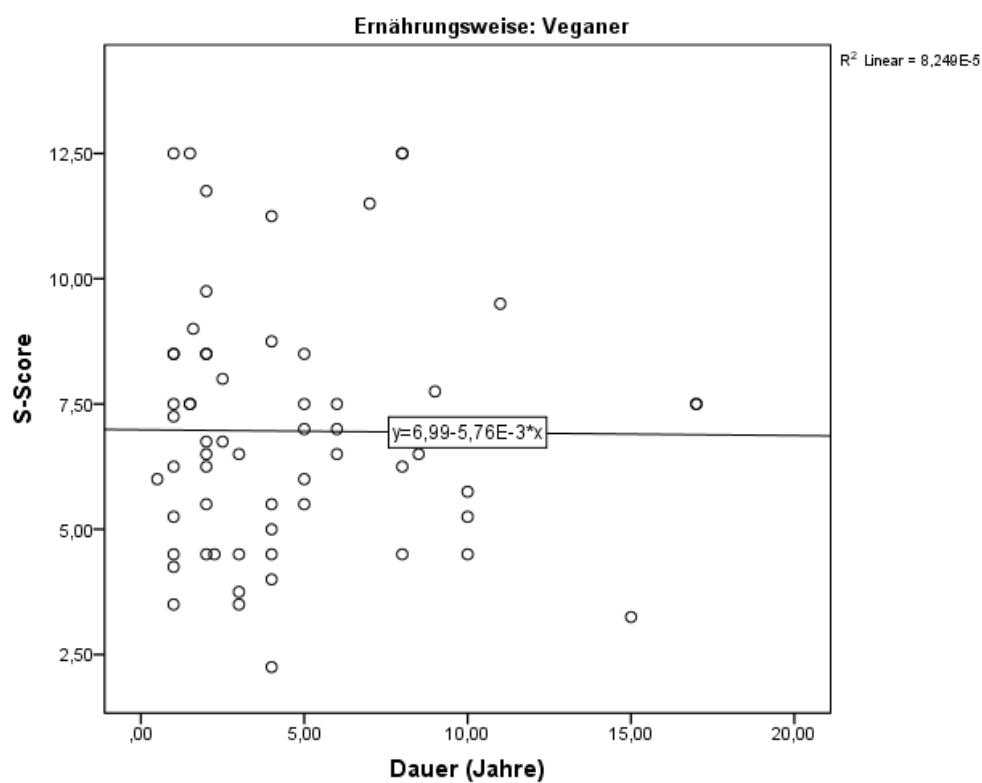


Abbildung 16: Streudiagramm (Veganer)

Das Streudiagramm (Abbildung 16) zeigt, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Dauer der veganen Ernährungsweise und dem Ergebnis des Schwellentests gab.

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise und den erzielten Schwellen

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Schwellentests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Schwellentests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

Tabelle 14: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier)

		S-Score	Dauer (Jahre)
S-Score	Korrelation nach Pearson	1	.210
	Signifikanz (2-seitig)		.121
	N	56	56
Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	.210	1
	Signifikanz (2-seitig)	.121	
	N	56	56

Zwischen dem Ergebnis des Schwellentests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise (in Jahren) bestand eine schwach negative Korrelation ($r = -.21$, $n = 56$), die jedoch nicht signifikant war ($p = .210$). H0 wird beibehalten (Tabelle 14).

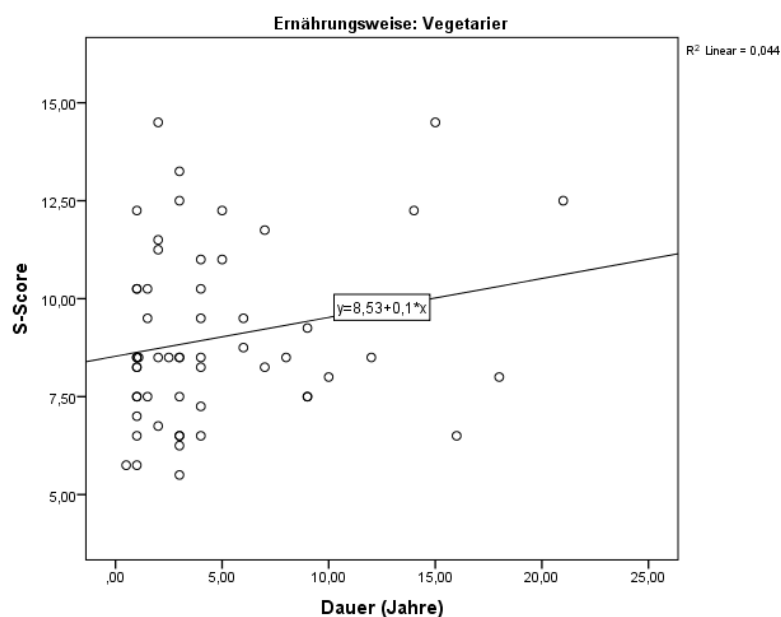


Abbildung 17: Streudiagramm (Vegetarier)

Anhand des Streudiagramms (Abbildung 17) erkennt man, dass es zwar einen Zusammenhang schwach negativen Effekts zwischen der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise und dem Ergebnis des Schwellentests gab, der jedoch, wie bereits erwähnt, nicht signifikant war.

4.1.2. Diskriminationstest

4.1.2.1. Grafische Darstellung der Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche

Die nachstehende Grafik (Abbildung 18) zeigt die Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche im Vergleich zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren. Auf der x-Achse sind wiederum die evaluierten Gruppen dargestellt, die y-Achse zeigt die Anzahl der korrekten Diskriminationen (D-Score).

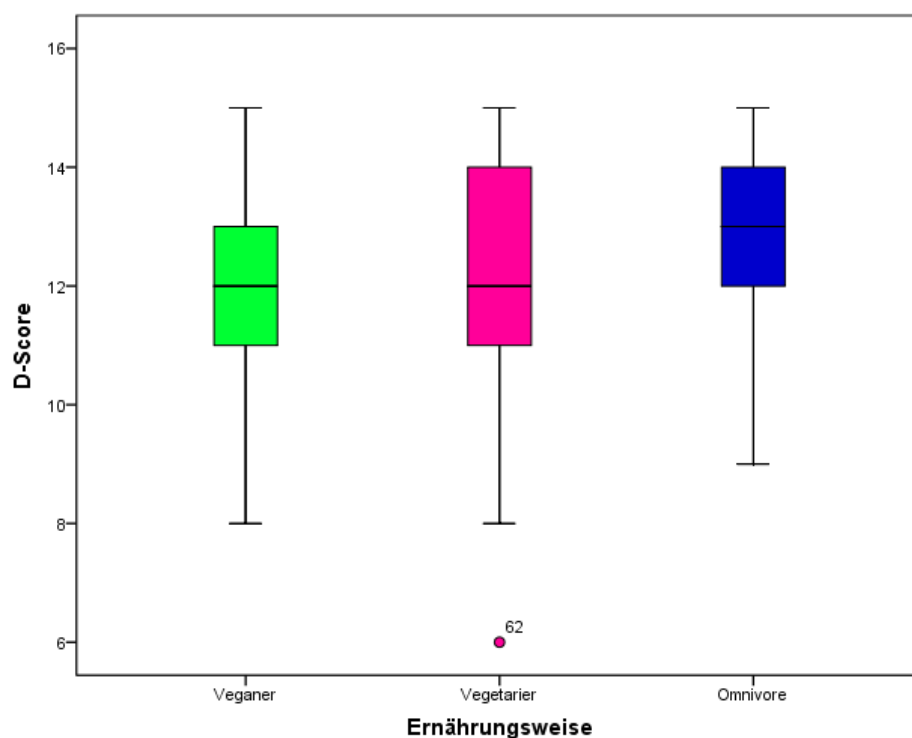


Abbildung 18: Korrekte Diskriminationen der evaluierten Gruppen im Vergleich

Betrachtet man den ersten Boxplot (Abbildung 18), so geht hervor, dass 25 % der Veganer 11 Gerüche oder weniger korrekt diskriminieren konnten. Beim Median, d.h. 50 % der Veganer, lag der Wert bei 12 korrekt diskriminierten Gerüchen. Des Weiteren konnten 75 % der Teilnehmer dieser Gruppe 13 oder weniger korrekte Diskrimination erzielen.

Der zweite Boxplot (Abbildung 18) zeigt, dass 25 % der Gruppe der Vegetarier 11 Gerüche oder weniger einer korrekten Diskrimination zuführen konnten. Der Median lag bei 12 richtigen Diskriminationen. 75 % der vegetarischen Untersuchungsgruppe erreichten eine Anzahl von 14 diskriminierten Gerüchen oder weniger.

Wie man dem dritten Boxplot (Abbildung 18) entnehmen kann, wurden von 25 % der Kontrollgruppe 12 Gerüche oder weniger richtig erkannt. Der Median lag bei einer Anzahl von 13 korrekten Diskriminationen. 75 % der Omnivoren erzielten einen Wert von 14 korrekten Antworten oder weniger.

Insgesamt hätten beim Diskriminationstest 16 Punkte erreicht werden können, was von keinem einzigen der insgesamt 187 Probanden geschafft wurde. Die höchste erreichte Anzahl lag bei 15 korrekt erkannten Diskriminationen. Gesamt gesehen erreichten 12 Probanden diesen Wert; hiervon lassen sich 6 Personen in die Gruppe der Omnivoren, 4 in jene der Vegetarier und 2 in die der Veganer unterteilen. Das schlechteste erzielte Ergebnis lag bei nur 6 erkannten Diskriminationen, welches einer Person aus der vegetarischen Untersuchungsgruppe zuzuordnen ist.

Zusammenfassend kann man aus der Grafik schließen, dass die Kontrollgruppe am besten beim Diskriminationstest abgeschnitten hat, dicht gefolgt von der vegetarischen Untersuchungsgruppe, wobei hier eine relative große Spannweite vorlag. Auch die Veganer haben gute Ergebnisse erzielt und lagen bei Betrachtung des Medians mit den Vegetariern gleich auf. Begutachtet man die Abbildung 18 insgesamt, so geht hervor, dass über 25 % aller 178 Probanden Normalwerte im Bereich von 12.35 ± 1.5 Punkten erzielt haben.

4.1.2.2. Vergleich der Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren

Bei dem Vergleich der Ergebnisse des Diskriminationstests wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet, um zu überprüfen, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsgruppen und der Kontrollgruppe bezüglich der Anzahl an korrekten Diskriminationen gibt. Die Hypothesenaufstellung hierzu lautet wie folgt:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich der Anzahl korrekt diskriminierter Gerüche.

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich der Anzahl korrekt diskriminierter Gerüche.

Tabelle 15: Output Kruskal-Wallis-Test

Statistik für Test ^{a,b}	
Chi-Quadrat	11.028
Df	2
Asymptotische Signifikanz	.004

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich der Anzahl korrekt diskriminierter Gerüche ($\chi^2(2, n = 187) = 11.028, p = .004$). H0 wird verworfen (Tabelle 15).

Der im Anschluss durchgeführte paarweise Mann-Whitney-U-Test (post-hoc Test) in dem jeweils 2 Gruppen miteinander verglichen wurden, zeigte ebenfalls signifikante Unterschiede (Tabelle 16, 17, 18).

Vergleich Vegetarier zu Veganer

Tabelle 16: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Veganer)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1538.000
Wilcoxon-W	3429.000
Z	-.941
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.347

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Vergleich Veganer zu Omnivoren

Tabelle 17: Output Mann-Whitney-U-Test (Veganer zu Omnivoren)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1427.000
Wilcoxon-W	3318.000
Z	-3.326
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Vergleich Vegetarier zu Omnivoren

Tabelle 18: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Omnivoren)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1555.000
Wilcoxon-W	3151.500
Z	-2.021
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.043

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Im Rahmen der paarweisen post-hoc Testung (Mann-Whitney U-Test) zeigte sich, dass sich Personen, die sich vegan ernährten ($M_d = 12$), von Omnivoren ($M_d = 13$; $U = 1427.000$, $Z = 3.326$, $p = .001$) signifikant unterschieden. Des Weiteren lässt sich erkennen, dass sich die Vegetarier ($M_d = 12$) signifikant von den Omnivoren ($U = 1555.500$, $Z = -2.021$, $p = .043$) abheben (Tabelle 17, 18). Zwischen den Vegetariern und Veganern ($U = 1538.000$, $Z = -.941$, $p = .347$) ließen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede feststellen (Tabelle 16).

4.1.2.3. Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Diskriminationstests

Um zu untersuchen, ob die Dauer der veganen sowie vegetarischen Ernährungsweise einen Einfluss auf das Ergebnis des Diskriminationstests hat, wurde eine Korrelation nach Pearson durchgeführt. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mittels Streudiagramm.

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der veganen Ernährungsweise und der Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Diskriminationstests und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Diskriminationstests und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

Tabelle 19: Output Korrelation nach Pearson (Veganer)

		S-Score	Dauer (Jahre)
S-Score	Korrelation nach Pearson	1	-.125
	Signifikanz (2-seitig)		.338
	N	61	61
Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	-.125	1
	Signifikanz (2-seitig)	.338	
	N	61	61

Zwischen dem Ergebnis des Diskriminationstests und der Dauer der veganen Ernährungsweise (in Jahren) bestand eine schwach negative Korrelation ($r = -.13$, $n = 61$), die jedoch nicht signifikant war ($p = .338$), was durch das Streudiagramm grafisch verdeutlicht wurde. H0 wird beibehalten (Tabelle 19, Abbildung 19).

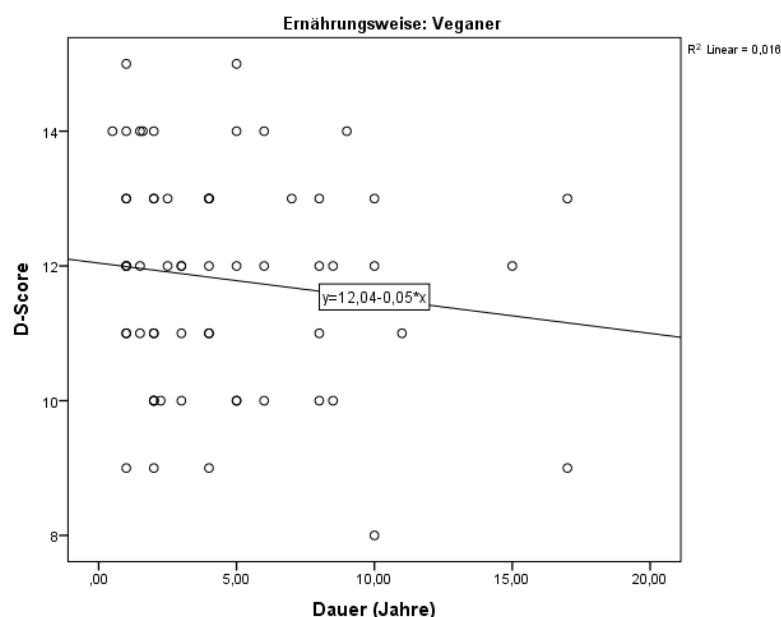


Abbildung 19: Streudiagramm (Veganer)

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise und der Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Diskriminationstests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Diskriminationstests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

Tabelle 20: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier)

		S-Score	Dauer (Jahre)
S-Score	Korrelation nach Pearson	1	-.088
	Signifikanz (2-seitig)		.518
	N	56	56
Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	-.088	1
	Signifikanz (2-seitig)	.518	
	N	56	56

Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise (in Jahren) und dem Ergebnis des Diskriminationstests ($r = .09$, $p = .518$, $n = 56$), was durch das folgende Streudiagramm verdeutlicht wurde. H0 wird beibehalten (Tabelle 20, Abbildung 20).

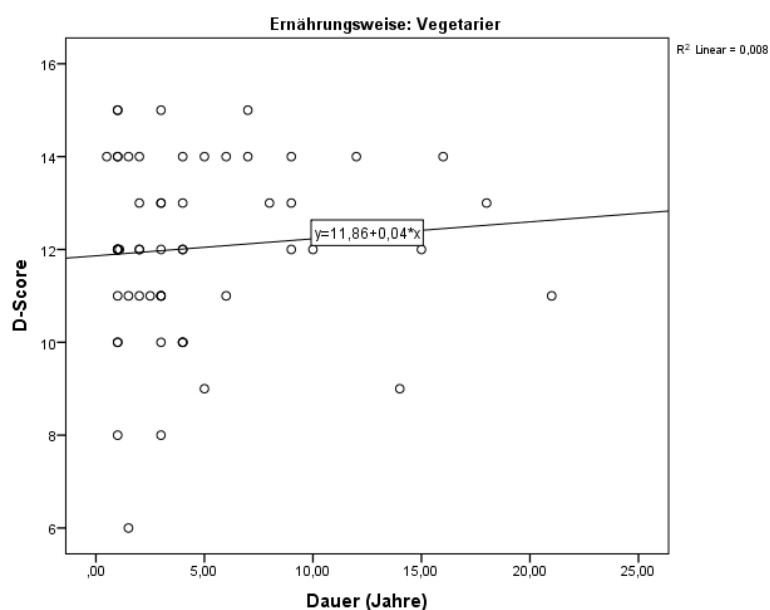


Abbildung 20: Streudiagramm (Vegetarier)

4.1.3. Identifikationstest

4.1.3.1. Grafische Darstellung der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche

Folgende Abbildung 21 stellt die Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche der beiden Untersuchungsgruppen (Veganer und Vegetarier) sowie der Kontrollgruppe (Omnivoren) dar. Auf der x-Achse sind wiederum die evaluierten Gruppen dargestellt, die y-Achse zeigt die Anzahl der korrekten Identifikationen (I-Score).

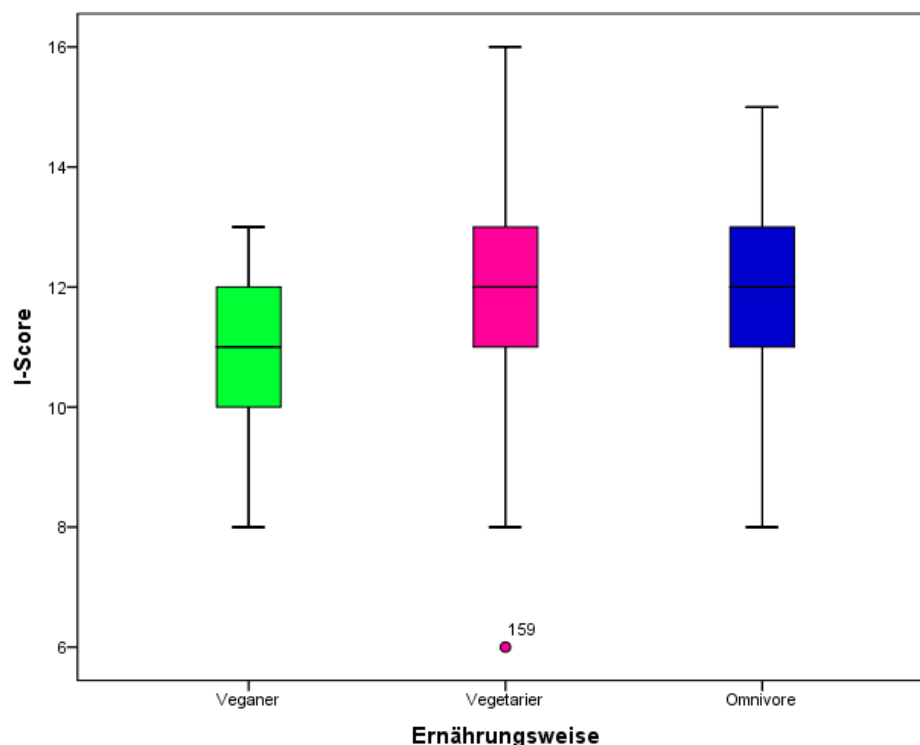


Abbildung 21: Korrekte Identifikationen der evaluierten Gruppen im Vergleich

Wirft man einen Blick auf den ersten Boxplot (Abbildung 21), so lässt sich erkennen, dass 25 % der Veganer 10 Gerüche oder weniger korrekt identifizieren konnten. Der Median, d.h. 50 % dieser Gruppe, lag bei einem Wert von 11. Des Weiteren erreichten 75 % der Probanden ein Testergebnis von 12 oder weniger richtig erkannten Gerüche.

Der zweite Boxplot (Abbildung 21) zeigt, dass 25 % der vegetarischen Untersuchungsgruppe 11 oder weniger Gerüche korrekt identifizieren konnten. Der Median lag bei 12 richtigen Identifikationen. 75 % der Vegetarier konnten 13 oder weniger Gerüche korrekt erkennen.

Betrachtet man den dritten Boxplot (Abbildung 21), so geht hervor, dass 25 % der Omnivoren ein Ergebnis von 11 oder weniger korrekten Identifikationen erzielen konnten. Der Median lag bei einem Wert von 12 richtig identifizierten Gerüchen. 75 % der Kontrollgruppe kamen auf 13 oder weniger Gerüche, die sie korrekt erkannten.

Insgesamt konnten 16 Punkte beim Identifikationstest erreicht werden, was nur einer einzigen Person gelang, die aus der Gruppe der Vegetarier stammte. Den niedrigsten Wert mit nur 6 richtig erkannten Gerüchen erzielte ebenfalls eine Person aus der vegetarischen Untersuchungsgruppe.

Zusammenfassend kann bei Betrachtung der Grafik (Abbildung 21) gesagt werden, dass die Kontrolle und die vegetarische Untersuchungsgruppe gleich gut beim Identifikationstest abgeschlossen haben. Die Gruppe der Veganer erzielte im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen etwas schlechtere Resultate. Vergleicht man die Ergebnisse mit dem Normwert von 14.7 ± 1.2 , so haben 75 % aller 3 Gruppen unterhalb dieses Wertes abgeschnitten.

4.1.3.2. Vergleich der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren

Um zu untersuchen, ob es Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen und der Kontrollgruppe bezüglich der Anzahl an korrekten Identifikationen gibt, wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet. Die Hypothesen hierzu lauten wie folgt:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich der Anzahl korrekt identifizierter Gerüche.

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich der Anzahl korrekt identifizierter Gerüche.

Tabelle 21: Output Kruskal-Wallis-Test

Statistik für Test ^{a,b}	
Chi-Quadrat	8.343
Df	2
Asymptotische Signifikanz	.015

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich der Anzahl korrekt identifizierter Gerüche (χ^2 (2, n = 187) = 8.343, p = .015). H0 wird verworfen (Tabelle 21).

Im Anschluss an den Kruskal-Wallis-Test wurde abermals ein paarweiser Mann-Whitney-U-Test (post-hoc Test) durchgeführt, um jeweils 2 Gruppen miteinander zu vergleichen (Tabelle 22, 23, 24).

Vergleich Vegetarier zu Veganer

Tabelle 22: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Veganer)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1264.000
Wilcoxon-W	3155.000
Z	-2.472
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.013

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Vergleich Veganer zu Omnivoren

Tabelle 23: Output Mann-Whitney-U-Test (Veganer zu Omnivoren)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1593.500
Wilcoxon-W	3484.500
Z	-2.540
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.011

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Vergleich Vegetarier zu Omnivoren

Tabelle 24: Output Mann-Whitney-U-Test (Vegetarier zu Omnivoren)

Statistik für Test ^a	
Mann-Whitney-U	1935.000
Wilcoxon-W	3531.000
Z	-.125
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.901

a. Gruppenvariable: Ernährungsweise

Im Rahmen der paarweisen post-hoc Testung (Mann-Whitney-U-Test) zeigte sich, dass sich Personen, die sich vegan ernährten ($M_d = 11$), von Vegetariern ($M_d = 12$; $U = 1264.000$, $Z = -2.472$, $p = .013$) sowie von Omnivoren ($M_d = 12$; $U = 1593.500$, $Z = -2.540$, $p = .011$) signifikant unterschieden (Tabelle 22, 23). Beim Vergleich von Vegetariern und Omnivoren ($U = 1935.000$, $Z = -.125$, $p = .901$) lassen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen (Tabelle 24).

4.1.3.3. Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Identifikationstests

Ob die Dauer der veganen sowie vegetarischen Ernährungsweise einen Einfluss auf das Ergebnis des Identifikationstests hat, wurde mittels einer Korrelation nach Pearson überprüft. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe eines Streudiagramms.

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der veganen Ernährungsweise und der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Identifikationstests und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Identifikationstests und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

Tabelle 25: Output Korrelation nach Pearson (Veganer)

			I-Score	Dauer (Jahre)
Veganer	I-Score	Korrelation nach Pearson	1	-.122
		Signifikanz (2-seitig)		.350
		N	61	61
	Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	-.122	1
		Signifikanz (2-seitig)	.350	
		N	61	61

Zwischen dem Ergebnis des Identifikationstests und der Dauer der veganen Ernährungsweise (in Jahren) bestand eine schwach negative, nicht signifikante ($p = .350$) Korrelation ($r = -.12$, $n = 61$). Dies wurde im nachstehenden Streudiagramm grafisch verdeutlicht. H_0 wird beibehalten (Tabelle 25, Abbildung 22).

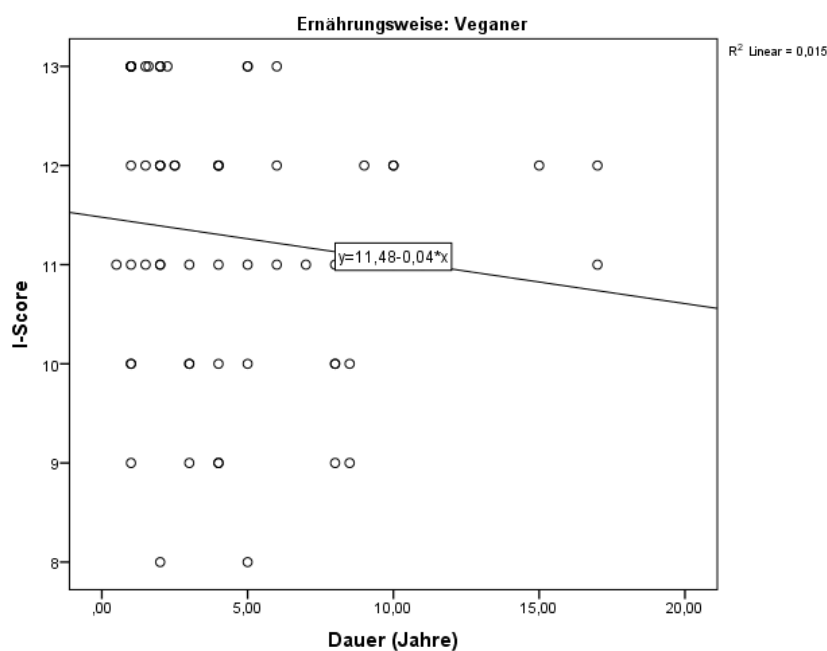


Abbildung 22: Streudiagramm (Veganer)

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise und der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche

H_0 : Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Identifikationstests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Identifikationstests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

Tabelle 26: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier)

			I-Score	Dauer (Jahre)
Vegetarier	I-Score	Korrelation nach Pearson	1	-.137
		Signifikanz (2-seitig)		.313
		N	56	56
	Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	-.137	1
		Signifikanz (2-seitig)	.313	
		N	56	56

Zwischen dem Ergebnis des Identifikationstests und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise (in Jahren) bestand eine schwach negative, nicht signifikante ($p = .313$) Korrelation ($r = -.14$, $n = 56$), was im folgenden Diagramm untermauert wurde. H_0 wird beibehalten (Tabelle 26, Abbildung 23).

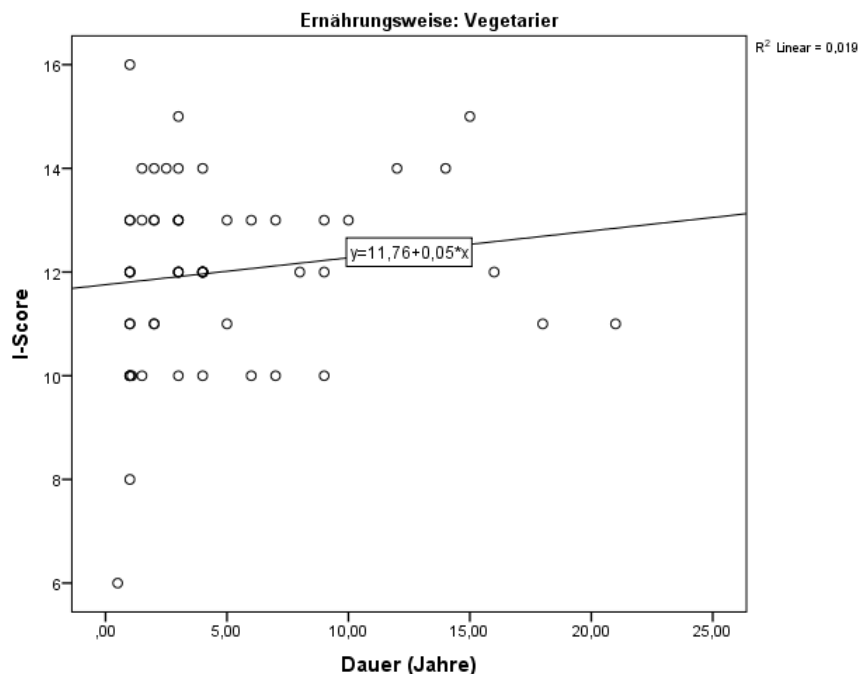


Abbildung 23: Streudiagramm (Vegetarier)

4.1.3.4. Auswertung der einzelnen „Sniffin‘ Sticks“

Um zu eruieren, ob die Ernährungsweise einen Einfluss auf die Fehlerquote bei der Beantwortung des Identifikationstests hat, wurde mit dem Allgemeinen Linearen Modell (ALM) gearbeitet. Die Hypothesenaufstellung hierzu lautet folgendermaßen:

H0: Die Ernährungsweise hat keinen signifikanten Einfluss auf die Fehlerquote bei Beantwortung des Identifikationstests.

H1: Die Ernährungsweise hat einen signifikanten Einfluss auf die Fehlerquote bei Beantwortung des Identifikationstests.

Tabelle 27: Output Test der Zwischensubjekteffekte (Fehlerquote)

Tests der Zwischensubjekteffekte					
Abhängige Variable: Fehlerquote					
Quelle	Typ III Quadratsumme	df	Quadratischer Mittelwert	F	Sig.
Korrigiertes Modell	.085 ^a	2	.043	3.831	.023
Konstanter Term	12.903	1	12.903	1156.479	.000
Ernährungsweise	.085	2	.043	3.831	.023
Fehler	2.053	184	.011		
Gesamtsumme	15.109	187			
Korrigierter Gesamtwert	2.138	186			

a. R-Quadrat = ,040 (Angepasstes R-Quadrat = ,030)

Der Haupteffekt der Ernährungsweise ist signifikant auf die Fehlerquote der Beantwortung des Identifikationstests ($F(2,184) = 3.831$, $p = .023$, $\eta^2 = .040$) (Tabelle 27).

Tabelle 28: Output Parameterschätzungen (Fehlerquote)

Parameterschätzungen						
Abhängige Variable: Fehlerquote						
Parameter	B	Standard- fehler	t	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	.247	.013	19.590	.000	.222	.272
Veganer	.047	.019	2.526	.012	.010	.083
Vegetarier	.003	.019	.141	.888	-.035	.040
Omnivore	0 ^a					

a. Dieser Parameter wurde auf den Wert null gesetzt, da er redundant ist.

Die Ernährungsweise hat bei Beantwortung des Identifikationstests einen signifikanten Einfluss auf die Fehlerquote ($F(2,184) = 3.831$, $\eta^2 = .040$, $p = .023$, $n = 187$). Durch die Ernährungsweise können 3 % der Streuung der Fehlerquote um den Gesamtmittelwert erklärt werden. Die Effektstärke lag bei $f = .20$ was einem sehr schwachen Effekt entspricht (Tabelle 27, 28).

Tabelle 29: Output Mehrfachvergleiche (Fehlerquote)

Mehrfachvergleiche (Tukey-HSD)						
Abhängige Variable: Fehlerquote						
(I) Ernährungsweise		Mittelwert- differenz (I-J)	Standard- fehler	Sig.	95 % Konfidenzintervall	
					Unter- grenze	Ober- grenze
Veganer	Vegetarier	.0441	.01955	.065	-.0021	.0902
	Omnivor	.0467*	.01850	.033	.0030	.0905
Vegetarier	Veganer	-.0441	.01955	.065	-.0902	.0021
	Omnivor	.0027	.01894	.989	-.0421	.0474
Omnivor	Veganer	-.0467*	.01850	.033	-.0905	-.0030
	Vegetarier	-.0027	.01894	.989	-.0474	.0421
Basierend auf beobachteten Mittelwerten.						
Der Fehlerterm ist Mittel der Quadrate (Fehler) = .011						
*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe, .05 signifikant.						

Anhand des post-hoc Tests (Tukey-HSD) zeigte sich, dass sich Personen, die sich vegan (MW = .30, SD = .09) ernährten, in der Fehlerquote von Omnivoren (MW = .25, SD = .11) signifikant unterschieden. Zwischen Veganern und Vegetariern (MW = .25, SD = .11) sowie Vegetariern und Omnivoren ließen sich keine signifikanten Unterschiede feststellen (Tabelle 29).

Im Anschluss erfolgte die Darstellung der Mittelwertvergleiche der Fehlerquote mit Hilfe eines Fehlerbalkendiagramms (Abbildung 24).

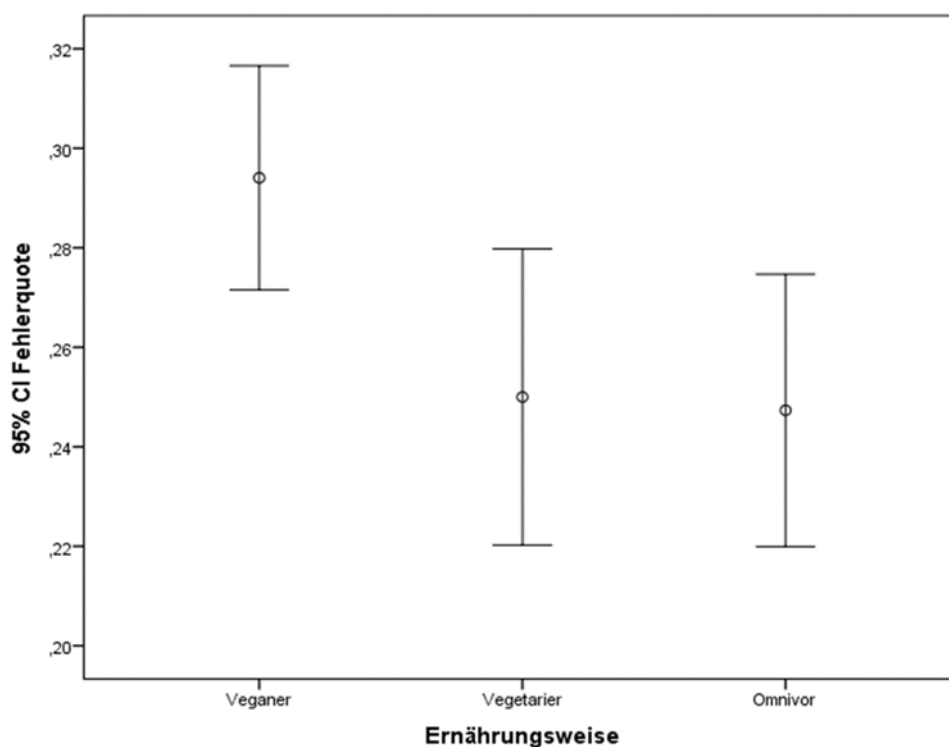


Abbildung 24: Fehlerbalkendiagramm (Fehlerquote der 3 Gruppen beim Identifikationstest)

Bei Betrachtung der Grafik (Abbildung 24) geht hervor, dass sich das Konfidenzintervall der Fehlerquoten-Mittelwerte der veganen Untersuchungsgruppe nicht mit jener der omnivoren Gruppe überschneidet, was, wie bereits im ALM festgestellt wurde, auf einen signifikanten Unterschied zwischen besagten Gruppen hindeutet. Beim Vergleich der anderen Gruppen miteinander bestanden keine signifikanten Unterschiede. Bei Betrachtung der einzelnen Mittelwerte der drei Gruppen wird deutlich, dass die Veganer mit einem Durchschnittswert von 30 % die höchste Fehlerquote zeigten. Vegetarier und Omnivoren hatten mit einem Mittelwert von 25 % dieselbe Fehlerquote.

Übersicht der Fehlerquoten bei der Beantwortung des Identifikationstests

Tabelle 30 zeigt die Mittelwerte der Fehlerquote aller Gruppen für jeden einzelnen der 16 Stifte des Identifikationstests.

Tabelle 30: Fehlerquote beim Identifikationstest der evaluierten Gruppen

Ernährungsweise	Veganer	Vegetarier	Omnivor	Gesamtsumme*
Stift 1 (Orange)	.46	.29	.29	.34
Stift 2 (Schuhleder)	.11	.07	.07	.09
Stift 3 (Zimt)	.36	.20	.17	.24
Stift 4 (Pfefferminz)	.03	.00	.00	.01
Stift 5 (Banane)	.00	.00	.06	.02
Stift 6 (Grapefruit)	.87	.75	.74	.79
Stift 7 (Lakritz)	.18	.27	.19	.21
Stift 8 (Terpentin)	.74	.66	.63	.67
Stift 9 (Knoblauch)	.18	.16	.14	.16
Stift 10 (Kaffee)	.21	.23	.29	.25
Stift 11 (Apfel)	.62	.54	.59	.58
Stift 12 (Gewürznelke)	.07	.04	.07	.06
Stift 13 (Ananas)	.44	.46	.37	.42
Stift 14 (Rose)	.07	.04	.09	.06
Stift 15 (Anis)	.28	.25	.27	.27
Stift 16 (Fisch)	.08	.05	.00	.04

* Gesamtsumme = Mittelwert der Fehlerquote des jeweiligen Stiftes von allen Probanden insgesamt (Gesamtfehlerquote)

Eine bessere Übersicht der Ergebnisse aus Tabelle Nr. 30 gibt das folgende Balkendiagramm (Abbildung 25):

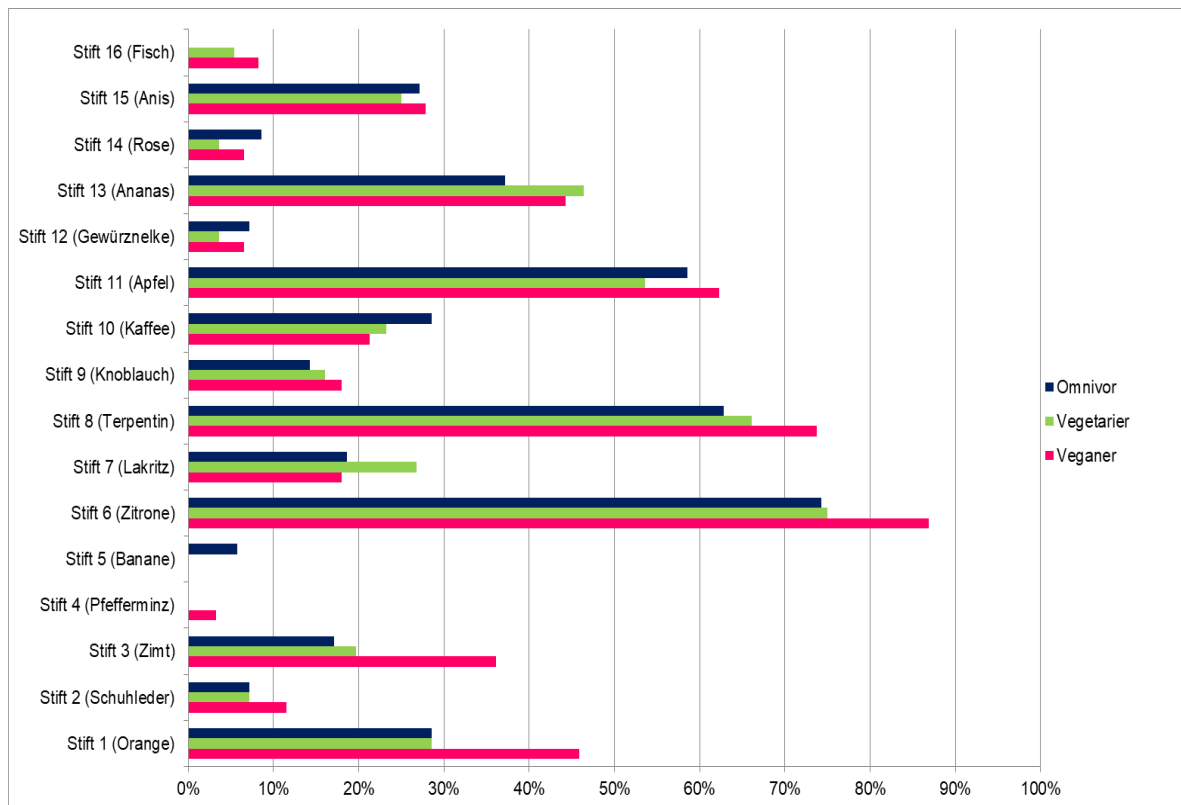
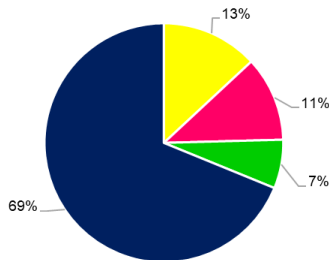


Abbildung 25: Übersicht der Fehlerquoten der 3 Gruppen bei den einzelnen Stiften

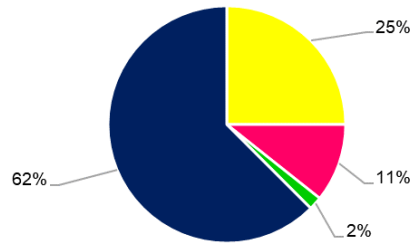
Die Grafik (Abbildung 25) gibt einen Überblick über die Fehlerquote bei der Identifizierung der 16 verschiedenen "Sniffin' Sticks" aller Gruppen. Hierbei wird ersichtlich, dass die Veganer bei einem Großteil der Stifte eine höhere Fehlerquote als die beiden anderen Gruppen zeigten. Beachtlich ist hierbei, dass alle 3 Gruppen bei den Stiften 6 (Zitrone), 8 (Terpentin) und 11 (Apfel) eine Fehlerquote von über 50 % aufwiesen. Insbesondere mit dem 6. Stift gab es auffallend viele Probleme, der Zitronenduft wurde besonders häufig mit Grapefruitgeruch verwechselt. Anstatt des Terpentinaromas des 8. Stiftes wählte die Mehrzahl der Probanden aller evaluierten Gruppen den Senfgeruch aus. Bei der Identifikation des 11. Stiftes neigten die Teilnehmer aller Gruppen dazu, den Apfelduft mit dem Pfirsich- und dem Melonengeruch zu verwechseln. Auffgefallen ist hierbei, dass sich mit Ausnahme eines Prozentes in der Kontrollgruppe niemand fälschlicherweise für den Orangenduft entschieden hatte (Abbildung 26). Bei der Identifikation der Stifte Nummer 4, 5, 12, 14 und 16 lag die Fehlerquote bei unter 10 % (Abbildung 25).

Stift Nr. 6 (Zitrone)

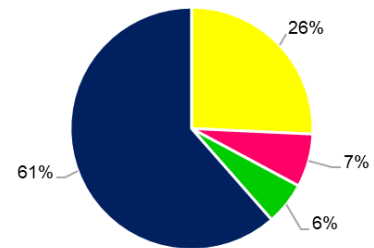
Veganer



Vegetarier



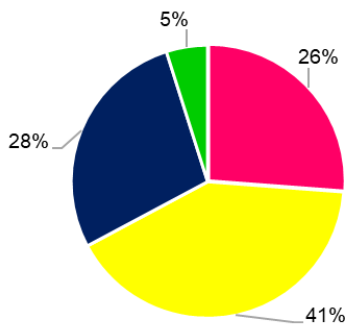
Omnivore



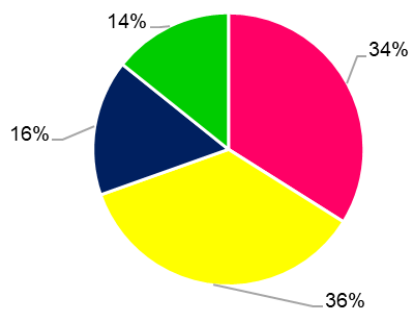
■ Zitrone ■ Pfirsich ■ Apfel ■ Grapefruit

Stift Nr. 8 (Terpentin)

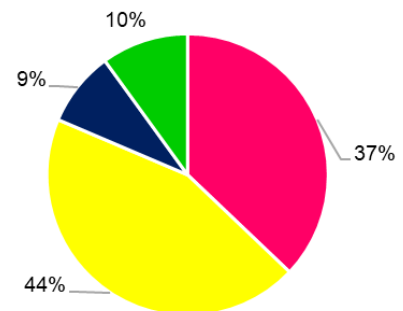
Veganer



Vegetarier



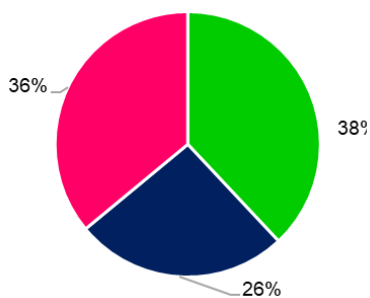
Omnivore



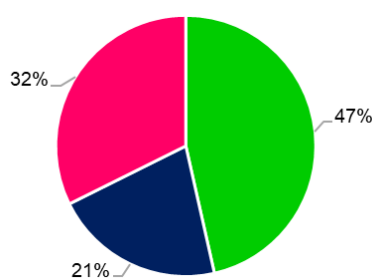
■ Senf ■ Terpentin ■ Menthol ■ Gummi

Stift Nr. 11 (Apfel)

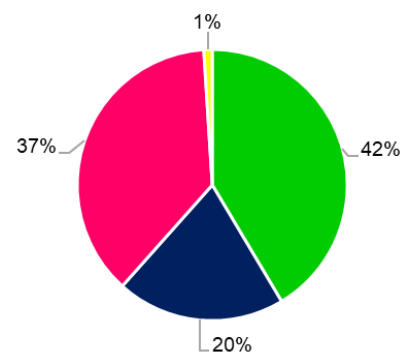
Veganer



Vegetarier



Omnivore



■ Orange ■ Pfirsich ■ Apfel ■ Melone

Abbildung 26: Kreisdiagramme zu den auffälligen Stiften Nr. 6, 8, sowie 11

4.1.4. SDI-Score

4.1.4.1. Grafische Darstellung der erreichten SDI-Scores

Um die Summe aller drei durchgeführten Tests (Schwellentest, Diskriminationstest, Identifikationstest), d.h. den SDI-Score, im Vergleich zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren grafisch darzustellen, wurde ein Boxplot (Abbildung 27) erstellt. Auf der x-Achse wurden die evaluierten Gruppen veranschaulicht, die y-Achse zeigt die erreichten SDI-Scores.

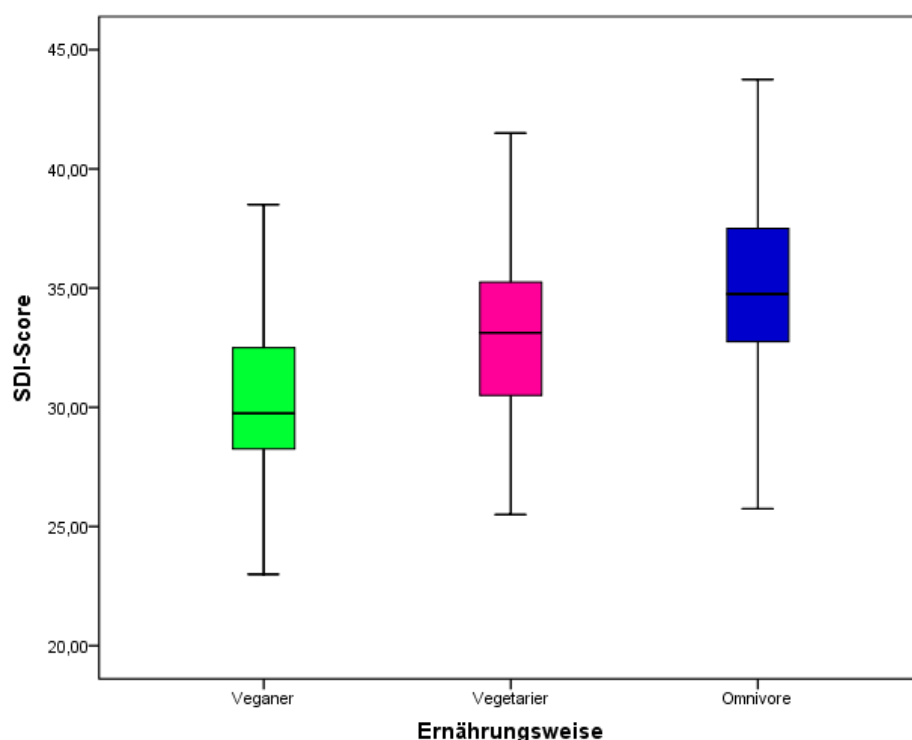


Abbildung 27: Erzielte SDI-Scores der evaluierten Gruppen im Vergleich

Betrachtet man die Abbildung 27, so zeigt der erste Boxplot, dass 25 % der Veganer einen SDI-Score von 28.5 oder weniger erreichten. Der Median, d.h. 50 % der veganen Untersuchungsgruppe, lag bei einem Wert von 29.75. Des Weiteren erzielten 75 % der veganen Teilnehmer einen SDI-Score von 32.5 oder weniger.

Anhand des zweiten Boxplot (Abbildung 27) erkennt man, dass 25 % der vegetarischen Untersuchungsgruppe einen SDI-Score von 30.5 oder weniger erreichten. Der Median lag bei einem Wert von 33.13. Darüber hinaus erzielten 75 % der Vegetarier einen SDI-Score von 35.25 oder weniger.

Der dritte Boxplot (Abbildung 27) zeigt, dass 25 % der Kontrollgruppe einen SDI-Score von 32.75 oder weniger erreichten. Der Median lag bei einem Wert von 34.75. Einen SDI-Score von 37.5 oder weniger erreichten 75 % der Omnivoren.

Insgesamt hätte man bei Summierung der Ergebnisse aus allen drei Tests 48 Punkte erreichen können, was von keinem einzigen der insgesamt 187 Probanden geschafft wurde. Der höchste erzielte SDI-Score lag bei einem Wert von 43.75, welcher von einer Person aus der Kontrollgruppe erreicht wurde. Den niedrigsten SDI-Score = 23 wies eine Person aus der veganen Untersuchungsgruppe auf.

Über die Grafik (Abbildung 27) kann resümierend gesagt werden, dass die Kontrollgruppe im Vergleich zu den anderen Gruppen die höchsten und die vegane Untersuchungsgruppe die niedrigsten SDI-Scores erzielt hat. Ab einem SDI-Score von 30 oder mehr zählt man zu den „Normosmikern“. In der Gruppe der Veganer lagen 50 % der Teilnehmer unterhalb dieses Wertes, sie sind daher den „Hyposmikern“ zuzuordnen. Bei den Vegetariern und Omnivoren sind mind. 75 % den „Normosmikern“ zuzurechnen. Unter einem SDI-Score von 15 zählt man zu den „Anosmikern“, was bei keinem einzigen Probanden der Fall war.

4.1.4.2. Vergleich der Anzahl der korrekt identifizierten Gerüche zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren

Um festzustellen, ob es Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen und der Kontrollgruppe bezüglich der erreichten SDI-Scores gibt, wurde eine ANOVA durchgeführt. Die Hypothesenaufstellung hierzu lautet wie folgt:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich des SDI-Score.

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich des SDI-Score.

Tabelle 31: Output ANOVA

Einfaktorielle ANOVA					
SDI-Score	Quadrat-summe	df	Mittel der Quadrate	F	Signifi-kanz
Zwischen den Gruppen	732.638	2	366.319	28.230	.000
Innerhalb der Gruppen	2387.592	184	12.976		
Gesamt	3120.230	186			

Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen Vegetariern, Veganern und Omnivoren hinsichtlich des SDI-Score ($F(2, 184) = 28.23$, $p \leq .001$, $\eta^2 = .24$, $\omega^2 = .23$). H_0 wird verworfen (Tabelle 31).

Im Anschluss an die ANOVA wurde ein Bonferroni Mittelwertvergleich (post-hoc Test) durchgeführt, um jeweils 2 Gruppen miteinander zu vergleichen (Tabelle 32).

Tabelle 32: Output Bonferroni Mehrfachvergleiche

Ernährungs-weise (I)	Ernährungs-weise (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standardfehler	Signifi-kanz
Veganer	Vegetarier	-2.99027*	.66666	.000
	Omnivore	-4.71259*	.63095	.000
Vegetarier	Veganer	2.99027*	.66666	.000
	Omnivore	-1.72232*	.64582	.025
Omnivore	Veganer	4.71259*	.63095	.000
	Vegetarier	1.72232*	.64582	.025

*die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Im Rahmen der paarweisen post-hoc Testung zeigte sich, dass sich Personen, die sich vegan ernähren ($M = 30.04$ ($SD = 3.60$)), von Vegetariern ($M = 33.03$, ($SD = 3.61$); $p < .001$) sowie von Omnivoren ($M = 34.75$, ($SD = 3.60$); $p < .001$) signifikant unterschieden. Des Weiteren ist ersichtlich, dass zwischen Vegetariern ($M = 33.03$

(SD = 3.60) und Omnivoren (M = 34.75 (SD = 3.60); $p = .025$) auch signifikante Unterschiede festgestellt werden konnten (Tabelle 32).

4.1.4.3. Einfluss der Dauer der Ernährungsweise auf den erzielten SDI-Score

Um zu untersuchen, ob die Dauer der veganen sowie vegetarischen Ernährungsweise einen Einfluss auf den erzielten SDI-Score hat, wurde wieder eine Korrelation nach Pearson durchgeführt. Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe eines Streudiagramms.

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der veganen Ernährungsweise und dem erreichten SDI-Score

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem erzielten SDI-Score und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem erzielten SDI-Score und der Dauer der veganen Ernährungsweise.

Tabelle 33: Output Korrelation nach Pearson (Veganer)

		S-Score	Dauer (Jahre)
S-Score	Korrelation nach Pearson	1	-.111
	Signifikanz (2-seitig)		.395
	N	61	61
Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	-.111	1
	Signifikanz (2-seitig)	.395	
	N	61	61

Zwischen dem erzielten SDI-Score und der Dauer der veganen Ernährungsweise (in Jahren) bestand eine schwach negative Korrelation ($r = -.11$, $n = 61$), die jedoch nicht signifikant war ($p = .395$), was auch im folgenden Diagramm veranschaulicht wurde. H0 wird beibehalten (Tabelle 33, Abbildung 28).

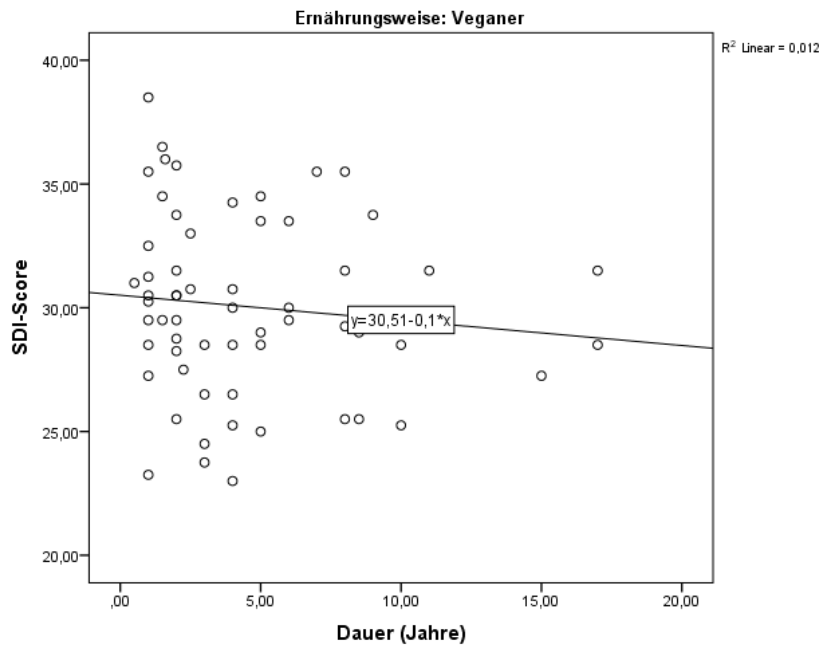


Abbildung 28: Streudiagramm (Veganer)

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise und dem erreichten SDI-Score

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen dem erzieltem SDI-Score und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen dem erzielten SDI-Score und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise.

Tabelle 34: Output Korrelation nach Pearson (Vegetarier)

		S-Score	Dauer (Jahre)
S-Score	Korrelation nach Pearson	1	.245
	Signifikanz (2-seitig)		.069
	N	56	56
Dauer (Jahre)	Korrelation nach Pearson	.245	1
	Signifikanz (2-seitig)	.069	
	N	56	56

Zwischen dem erzielten SDI-Score und der Dauer der vegetarischen Ernährungsweise (in Jahren) bestand eine schwach positive Korrelation ($r = .25$, $n = 56$), welche jedoch nicht signifikant ($p = .069$) war. H0 wird beibehalten (Tabelle 34, Abbildung 28).

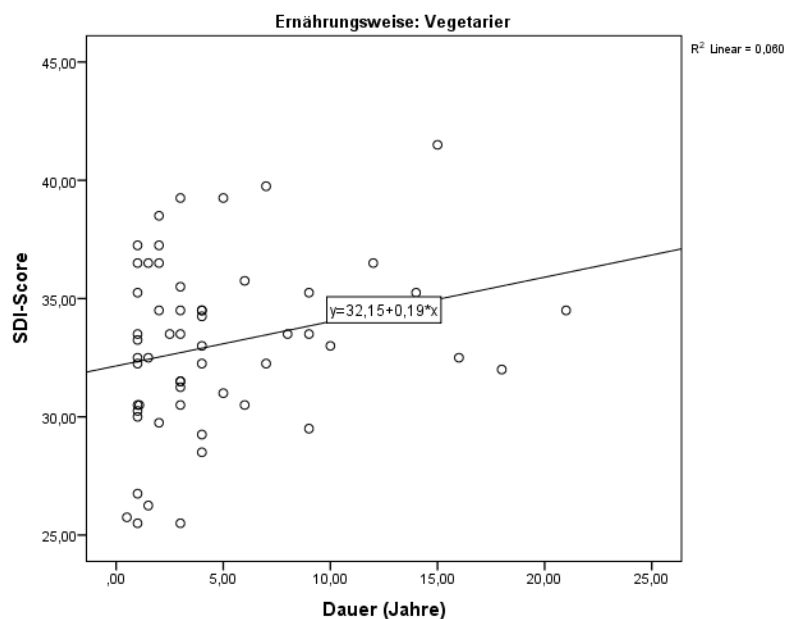


Abbildung 29: Streudiagramm (Vegetarier)

4.1.4.4. Übersicht der Mittelwerte der erreichten Scores aus allen drei durchgeführten Tests sowie dem SDI-Score der evaluierten Gruppen

Tabelle 35 gibt einen Überblick über die Mittelwerte der Ergebnisse der durchgeführten Tests sowie dem SDI-Score im Vergleich der Kontrollgruppe mit den beiden Untersuchungsgruppen.

Tabelle 35: Mittelwerte des S-, D-, I- sowie SDI-Scores der evaluierten Gruppen*

Ernährungsweise	S-Score (MW±SD)	D-Score (MW±SD)	I-Score (MW±SD)	SDI-Score (MW±SD)
Veganer	6.96±2.49	11.80±1.64	11.28±1.40	30.04±3.60
Vegetarier	9.00±2.23	12.04±1.96	12.00±1.78	33.03±3.61
Omnivore	9.96±2.03	12.74±1.46	12.06±1.82	34.75±3.60

* S-Score = erzielte Schwellen. D-Score = Anzahl korrekter Diskriminationen. I-Score = Anzahl korrekter Identifikationen. SDI-Score = Summe aller Einzeltests. MW = Mittelwert. SD = Standardabweichung

Die Tabelle 35 verdeutlicht noch einmal, dass die vegane Untersuchungsgruppe in allen Kategorien die niedrigsten Werte im Vergleich der beiden anderen Gruppen erzielt hat, wohingegen die Omnivoren die höchsten Werte erreicht haben.

4.1.4.5. Eigene Selbsteinschätzung des Riechvermögens im Vergleich mit dem erzielten SDI-Score

Vor Beginn der Testreihe wurde von jedem Probanden die eigene Selbsteinschätzung seines Riechvermögens abgefragt. Um zu überprüfen, ob diese ihrer Richtigkeit entsprach, wurden Korrelationen nach Spearman durchgeführt. Hierbei wurde der Zusammenhang der Selbsteinschätzung und dem erreichten SDI-Score überprüft. Es wurden einerseits alle Probanden insgesamt sowie die verschiedenen Gruppen getrennt betrachtet.

Betrachtung aller 187 Probanden

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Probanden insgesamt und dem erzielten SDI-Score.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Probanden insgesamt und dem erzielten SDI-Score.

Tabelle 36: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Probanden Gesamt)

			Selbst-einschätzung	SDI-Score
Probanden Gesamt	Selbst-einschätzung	Korrelationskoeffizient	1.000	-.158*
		Signifikanz (2-seitig)		.031
		N	187	187
	Dauer (Jahre)	Korrelationskoeffizient	-.158*	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.031	
		N	187	187

*Die Korrelation ist auf dem 0.05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Probanden insgesamt und dem erzielten SDI-Score bestand eine schwach negative signifikante Korrelation ($r_s = -.16$, $p = .031$, $n = 187$). H_0 wird verworfen (Tabelle 36).

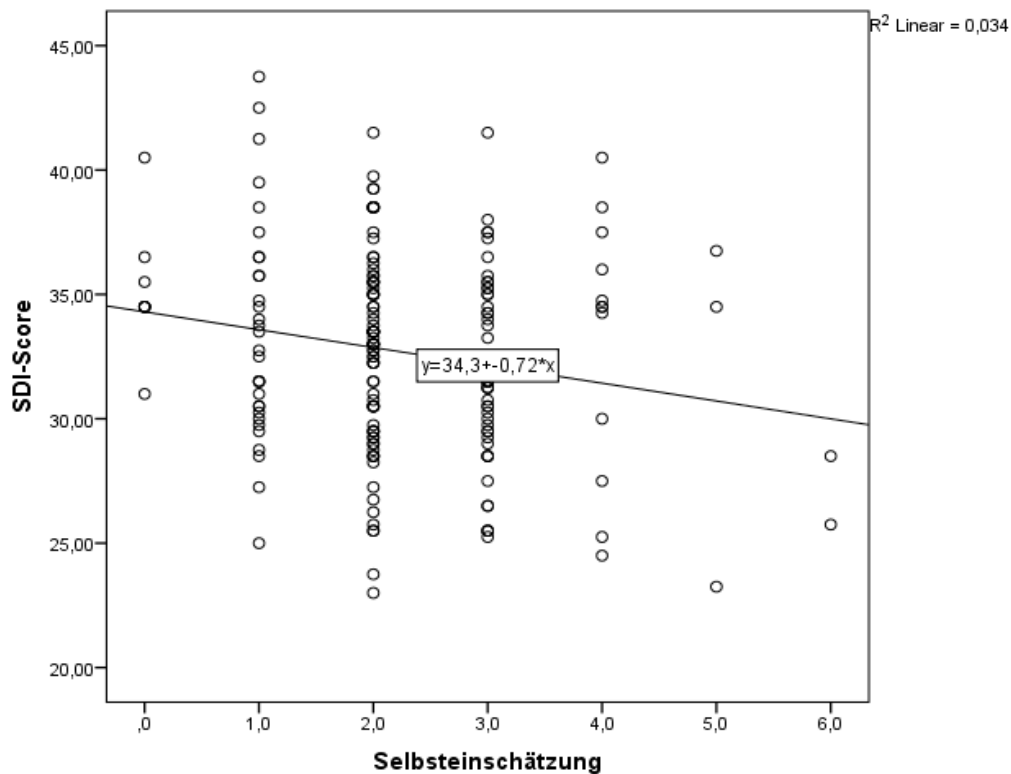


Abbildung 30: Streudiagramm (Probanden gesamt)

Beschriftung der x-Achse: 0 = überdurchschnittlich gut; 1.0 = sehr gut; 2.0 = gut; 3.0 = mittelmäßig; 4.0 = eher schlecht; 5.0 = schlecht; 6.0 = sehr schlecht

Anhand des Streudiagramms ist eine schwach negative Korrelation ersichtlich, dahingehend, dass der erzielte SDI-Score niedriger ausfiel, je besser sich die Probanden bei ihrem Riechvermögen selbst einschätzten (Abbildung 30).

Betrachtung der einzelnen Gruppen

Veganer

H_0 : Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Veganer und dem erzielten SDI-Score.

H_0 : Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Veganer und dem erzielten SDI-Score.

Tabelle 37: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Veganer)

			Selbst-einschätzung	SDI-Score
Veganer	Selbst-einschätzung	Korrelationskoeffizient	1.000	.003
		Signifikanz (2-seitig)		.980
		N	61	61
	SDI-Score	Korrelationskoeffizient	.003	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.980	
		N	61	61

Es bestand keine signifikante Korrelation zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Veganer und dem erzielten SDI-Score ($r_s = .00$, $p = .980$, $n = 61$). H_0 wird beibehalten (Tabelle 37).

Vegetarier

H_0 : Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Vegetarier und dem erzielten SDI-Score.

H_0 : Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Vegetarier und dem erzielten SDI-Score.

Tabelle 38: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Vegetarier)

			Selbst-einschätzung	SDI-Score
Vegetarier	Selbst-einschätzung	Korrelationskoeffizient	1.000	-.135
		Signifikanz (2-seitig)		.320
		N	56	56
	SDI-Score	Korrelationskoeffizient	-.135	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.320	
		N	56	56

Zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Vegetarier und dem erzielten SDI-Score bestand eine schwach negative Korrelation ($r_s = -.14$, $n = 56$), die jedoch nicht signifikant war ($p = .320$). H_0 wird beibehalten (Tabelle 38).

Omnivore

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Omnivoren und dem erzielten SDI-Score.

H0: Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Omnivoren und dem erzielten SDI-Score.

Tabelle 39: Output Korrelation nach Spearman-Rho (Omnivore)

			Selbst-einschätzung	SDI-Score
Omnivore	Selbst-einschätzung	Korrelationskoeffizient	1.000	-.083
		Signifikanz (2-seitig)		.497
		N	70	70
	SDI-Score	Korrelationskoeffizient	-.083	1.000
		Signifikanz (2-seitig)	.497	
		N	70	70

Zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Omnivoren und dem erzielten SDI-Score bestand keine Korrelation ($r_s = -.08$, $p = .497$, $n = 70$). H0 wird beibehalten (Tabelle 39).

4.1.4.6. Einflussfaktoren

Wie bereits in der Literaturübersicht erwähnt, können verschiedenste Faktoren einen Einfluss auf das Riechvermögen haben. In der vorliegenden Studie wurde überprüft, ob das Geschlecht, das Alkoholkonsumverhalten sowie die Einnahme von Kontrazeptiva bei Frauen einen Einfluss auf den erzielten SDI-Score nehmen.

4.1.4.6.1. Einfluss des Geschlechts auf den SDI-Score

Um zu überprüfen, ob das Geschlecht einen Einfluss auf den erzielten SDI-Score hat, kam der t-Test für unabhängige Stichproben zur Anwendung. Hierzu wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

H0: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern im Hinblick auf den erzielten SDI-Score.

H1: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern im Hinblick auf den erzielten SDI-Score.

Tabelle 40: Output t-Test für unabhängige Stichproben

	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
Varianzen sind gleich	-.227	185	.821	-.13714	.60368
Varianzen sind nicht gleich	-.222	157.707	.824	-.13714	.61718

Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern im Hinblick auf den erzielten SDI Score ($t(157.71) = -0.22$, $p = .824$). H0 wird beibehalten (Tabelle 40).

4.1.4.6.2. Einfluss von Alkoholkonsum auf den SDI-Score

Um zu überprüfen, ob es einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums (täglich / mehr als 4 mal die Woche / mehr als 2 mal die Woche / 1 mal pro Woche / 1 bis 2 mal im Monat / nie) gibt, dahingehend, dass, je weniger Alkohol konsumiert wird, der erzielte SDI-Score zunimmt, wurde eine Korrelation nach Spearman durchgeführt. Dazu wurden nachstehende Hypothesen aufgestellt:

H0: Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums im Hinblick auf den erzielten SDI-Score.

H1: Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums im Hinblick auf den erzielten SDI-Score.

Tabelle 41: Output Korrelation nach Spearman (Alkoholkonsum)

		SDI-Score	Alkoholkonsum
SDI-Score	Korrelationskoeffizient	1.000	-.015
	Signifikanz (2-seitig)		.840
	N		187
Alkohol- konsum	Korrelationskoeffizient	-.015	1.000
	Signifikanz (2-seitig)	.840	
	N	187	

Es bestand keine signifikante Korrelation zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums im Hinblick den erzielten SDI-Score ($r_s = -.02$, $n = 187$, $p = .840$) dahingehend, dass, je weniger Alkohol konsumiert wird, der erzielte SDI-Score zunimmt. H_0 wird beibehalten (Tabelle 41).

Des Weiteren wurde mittels einer ANOVA mit anschließendem paarweisen Bonferroni post-hoc Test untersucht, ob es im Hinblick auf den erzielten SDI-Score einen Unterschied zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums gibt. Die Hypothesenaufstellung hierzu lautet wie folgt:

H_0 : Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums im Hinblick auf den erzielten SDI-Score.

H_1 : Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums im Hinblick auf den erzielten SDI-Score.

Tabelle 42: Output ANOVA

Einfaktorielle ANOVA					
SDI-Score	Quadrat-summe	df	Mittel der Quadrate	F	Signifi-kanz
Zwischen den Gruppen	288.157	4	72.039	4.630	.001
Innerhalb der Gruppen	1832.073	182	15.561		
Gesamt	3120.230	186			

Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums im Hinblick auf den erzielten SDI-Score ($F(4,182) = 4.63$, $p = .001$, $\eta^2 = .09$, $\omega^2 = .07$). H_0 wird verworfen (Tabelle 42).

Tabelle 43: Output Bonferroni Mehrfachvergleiche

Alkohol-konsum (I)	Alkohol-konsum (J)	Mittlere Differenz (I-J)	Standard-fehler	Signifi-kanz
mehr als 2-mal pro Woche	mehr als 4-mal pro Woche	-4.93155	2.15202	.231
	1-mal pro Woche	-4.24695*	1.05018	.001
	1- bis 2-mal pro Monat	-3.02046*	.97988	.024
	nie	-2.30134	1.03207	.270

*die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau 0.05 signifikant.

Im Rahmen der paarweisen post-hoc Testung zeigte sich, dass sich Personen, die mehr als 2-mal pro Woche Alkohol konsumierten ($M = 29.88$, ($SD = 4.33$)) signifikant von Personen, die 1-mal pro Woche ($M = 34.13$, ($SD = 4.03$);, $p = .001$), sowie von Personen, die 1- bis 2-mal pro Monat Alkohol zu sich nahmen ($M = 32.09$, ($SD = 3.53$); $p = .024$) unterschieden. Zu Personen, die mehr als 4-mal pro Woche ($M = 34.81$, ($SD = 3.64$); $p = .231$), und zu Personen, die nie Alkohol verzehrten ($M = 32.18$, ($SD = 4.29$); $p = .270$), zeigte sich kein signifikanter Unterschied (Tabelle 43).

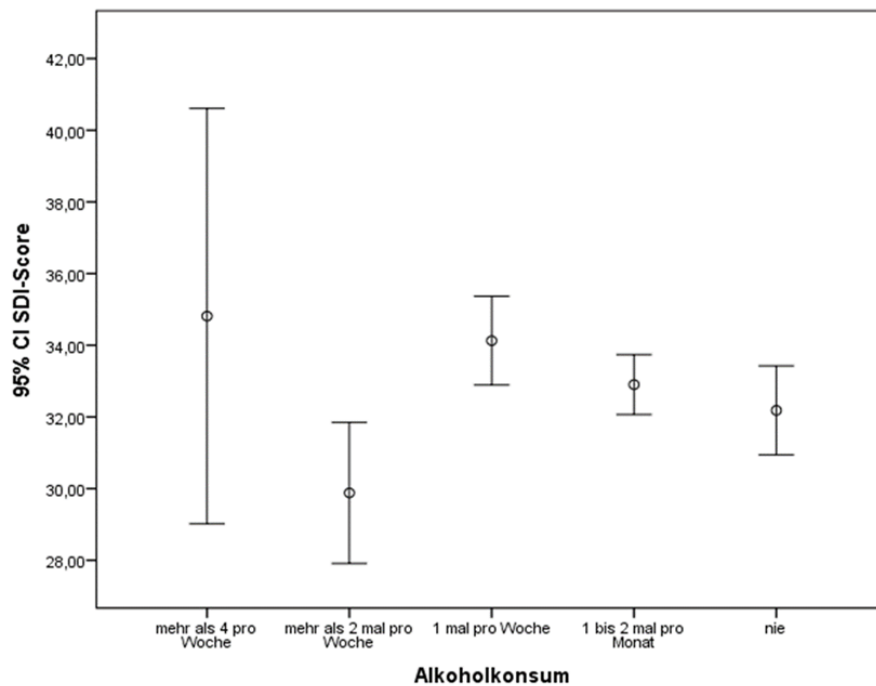


Abbildung 31: Fehlerbalkendiagramm (Einflussfaktor: Alkoholkonsum)

Das Fehlerbalkendiagramm (Abbildung 31) deutet, wie bereits mittels ANOVA festgestellt wurde, hinsichtlich des erreichten SDI-Scores auf einen signifikanten Unterschied zwischen Personen, die mehr als 2-mal pro Woche und Personen, die 1 mal pro Woche Alkohol zu sich nahmen sowie Personen, die 1- bis 2 mal pro Monat Alkohol konsumierten, hin.

4.1.4.6.3. Einfluss von Kontrazeptiva auf den SDI-Score

Für die Überprüfung des Einflusses der Einnahme von Kontrazeptiva auf den erzielten SDI-Score kam der t-Test für unabhängige Stichproben zur Anwendung. Hierzu wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

H0: Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrazeptiva-Einnahme im Hinblick auf den SDI-Score.

H1: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrazeptiva-Einnahme im Hinblick auf den SDI-Score.

Tabelle 44: Output t-Test für unabhängige Stichproben

	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
Varianzen sind gleich	-.598	185	.551	-.60799	1.01752
Varianzen sind nicht gleich	-.810	-810	.425	-.60799	.75039

Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrazeptiva-Einnahme im Hinblick auf den SDI-Score ($t(25.52) = -0.81$, $p = 0.425$). H_0 wird beibehalten (Tabelle 44).

4.2. Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Veganern, Vegetariern und Omnivoren evaluiert. Die Untersuchung des Riechvermögens der Veganer und Vegetarier erschien besonders interessant zu sein, da zu dieser Thematik noch keine Studien veröffentlicht wurden. Aus diesem Grund war ein gleichzeitiger Vergleich mit einer aktuellen Literatur nicht möglich. Im Folgenden werden die Studienergebnisse diskutiert, wobei zuerst auf die Ergebnisse der drei Einzeltests eingegangen wird und im Anschluss der SDI-Score sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Resultate abgehandelt werden.

4.2.1. Schwellentest

Die statistische Auswertung der Ergebnisse des Schwellentests zeigt, dass es einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0.05$) zwischen Veganern, Vegetariern und Omnivoren gab. Auch im paarweisen Vergleich der evaluierten Gruppen miteinander geht hervor, dass sich alle untereinander signifikant unterschieden ($p \leq 0.05$). Bei Betrachtung der Mittelwerte der erreichten S-Scores wird deutlich, dass die vegane Untersuchungsgruppe am schlechtesten abgeschlossen hat. Mindestens 75 % aller Veganer wiesen Schwellen, die unterhalb des von Burghart (2012) angeführten Normbereiches (9.45 ± 0.9) lagen, auf. Die Gruppe mit den durchschnittlich am höchsten erzielten S-Scores war die omnivore Kontrollgruppe, wobei auch hier 25 % der Personen Werte unterhalb des Normbereiches erzielten. Die Vegetarier zeigten höhere Durchschnittswerte als die Veganer, aber geringere als die Omnivoren. Auch in dieser Gruppe lagen die Werte von 50 % der Personen außerhalb des Normbereiches. Eine mögliche Erklärung für die teilweise niedrigen S-Scores könnte im Zusammenhang mit dem Erinnerungsvermögen der Studienteilnehmer zu finden sein. So teilten einige Probanden mit, dass sie dabei Probleme hatten, sich den Geruch des Stiftes mit der höchsten Konzentration an n-Butanol einzuprägen und in weiterer Folge auch wiederzuerkennen. Eine weitere Erklärung bzw. ein zusätzlicher Beeinflussungsfaktor für das Ergebnis der niedrigen S-Scores der untersuchten Personen könnte auch auf die Aufregung vor Beginn der Schwellentestung zurückzuführen sein, da mit diesem Test die Untersuchungsreihe eröffnet wurde. Dabei war einigen Probanden die Nervosität deutlich anzusehen.

Im Anschluss der Evaluierung wurde untersucht, ob je länger sich die Probanden vegan bzw. vegetarisch ernährten einen Einfluss auf die Resultate der Schwellentestung hat. Hierbei war bei den Personen der veganen Untersuchungsgruppe kein signifikanter Zusammenhang ($p > 0.05$, $r = -.01$) festzustellen. Bei Betrachtung der Vegetarier wurde zwar eine schwach negative Korrelation ($r = -.21$) gefunden, diese war jedoch nicht signifikant ($p > 0.05$).

4.2.2. Diskriminationstest

Bei der Auswertung der Ergebnisse des Diskriminationstests wurde ebenso ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.05$) zwischen den Gruppen festgestellt. Im paarweisen Vergleich der einzelnen Gruppen miteinander ist deutlich zu erkennen, dass sich die Veganer und Vegetarier von der omnivoren Kontrollgruppe signifikant unterschieden ($p \leq 0.05$). Beim Vergleich von Veganern und Vegetariern zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied ($p > 0.05$). Dies wird auch bei Betrachtung der Mittelwerte der Anzahl an korrekt diskriminierten Gerüchen deutlich. Während Veganer und Vegetarier entsprechend im Durchschnitt 11.80 bzw. 12.04 von 16 Gerüchen richtig diskriminieren konnten, waren es bei den Omnivoren 12.74. Somit hat die Kontrollgruppe am besten abgeschnitten, was jedoch nicht bedeuten soll, dass die anderen beiden Gruppen schlechte Ergebnisse erzielt haben. Der Vergleich der Ergebnisse der evaluierten Personen mit den Normwerten laut Burghart (2012) zeigte, dass die durchschnittlich erreichten Resultate aller drei Gruppen im Normbereich von 12.35 ± 1.5 lagen.

Bei der Evaluierung des Einflusses der Dauer der veganen bzw. vegetarischen Ernährung auf das Ergebnis des Diskriminationstests, zeigte sich eine schwach negative Korrelation ($r = -.13$) dahingehend, dass je länger sich ein Proband vegan ernährte, desto weniger Gerüche richtig diskriminiert werden konnten. Erwähnt werden muss jedoch, dass dieser Effekt nicht signifikant war ($p > 0.05$). Bei den vegetarischen Studienteilnehmern war ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang ($p > 0.05$, $r = .09$) festzustellen. Ob sich ein Proband erst ein Jahr oder beispielsweise bereits 10 Jahre vegan bzw. vegetarisch ernährte, nahm somit keinen signifikanten Einfluss ($p > 0.05$) auf die Anzahl der korrekt diskriminierten Gerüche.

4.2.3. Identifikationstest

Die Ergebnisse des Identifikationstests zeigen, so wie bei den beiden Tests zuvor, dass es auch hier signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) bei der Identifikation von Gerüchen zwischen den getesteten Gruppen gab. Beim paarweisen Vergleich der einzelnen Gruppen miteinander stellte sich heraus, dass diese signifikanten Differenzen zwischen Veganern und Vegetariern sowie Veganern und Omnivoren zu finden waren, während zwischen Vegetariern und Omnivoren keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$) festgestellt wurden.

Bei Betrachtung der Mittelwerte der erzielten Punktezahl beim Identifikationstest zeigte sich, dass diese bei allen drei Gruppen unter dem Normbereich von 14.70 ± 1.2 Punkten lagen. Beim Vergleich der erreichten Mittelwerte der drei evaluierten Gruppen untereinander geht hervor, dass die vegane Untersuchungsgruppe durchschnittlich am wenigsten Gerüche korrekt identifizieren konnte. Die Vegetarier und Omnivoren haben somit besser abgeschnitten, die Mittelwerte dieser beiden Gruppen unterschieden sich zudem kaum voneinander.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Dauer der Ernährungsweise auf das Ergebnis des Identifikationstests wurde sowohl bei der veganen ($r = -.12$) als auch bei der vegetarischen ($r = -.14$) Untersuchungsgruppe ein schwach negativer Zusammenhang festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass, je länger sich ein Proband vegan bzw. vegetarisch ernährte, desto schlechtere I-Scores erzielt wurden. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Korrelationen nicht signifikant waren ($p > 0.05$).

Ein weiterer Schritt bei der Auswertung des Identifikationstests war die Untersuchung auf einen möglichen Einfluss der Ernährungsweise auf die Fehlerquote bei der Identifizierung der Gerüche. Es stellte sich heraus, dass diese einen signifikanten Einfluss ($p \leq 0.05$) auf die Fehlerquote hatte. Beim Mehrfachvergleich der einzelnen Ernährungsgruppen miteinander wurde deutlich, dass diese signifikanten Differenzen ($p \leq 0.05$) zwischen Veganern und Omnivoren zu finden waren. Zwischen Veganern und Vegetariern sowie Vegetariern und Omnivoren konnte jedoch kein signifikanter Unterschied ($p > 0.05$) festgestellt werden.

Hierbei war besonders interessant, zu beobachten, für welche der jeweils 4 Antwortmöglichkeiten pro Stift sich die Probanden aus den verschiedenen Gruppen entschieden haben. Betrachtet man nun die einzelnen Stifte, geht hervor, dass sich die vegane Gruppe mit der Identifizierung besonders bei Stift 1, das ist jener mit dem Orangenduft, schwergetan hat. Hierbei lag die Fehlerquote bei 46 %, wohin jene der Vegetarier und Omnivoren sich bei 29 % einpendelte. Auch bei Stift 3, welcher den Zimtduft enthält, kamen die Veganer mit 36 % auf eine deutlich höhere Fehlerquote als die Kontrollgruppe mit 17 % und die vegetarische Gruppe mit 20 %. Ebenso kam es bei Stift 6, welcher den Zitronengeruch beinhaltet, bei der veganen Untersuchungsgruppe zu Schwierigkeiten. Die Fehlerquote lag hier bei 87 %. Diesbezüglich sei erwähnt, dass alle drei Gruppen größere Probleme mit der Auswahl der richtigen Antwort zeigten. Auch die veganen und omnivoren Probanden hatten bei Stift 6 mit einer Fehlerquote von 74 % bzw. 75 % relativ schlecht abgeschlossen.

Betrachtet man die Fehlerquote von allen drei evaluierten Gruppen insgesamt, wird deutlich, dass die Probanden, wie zuvor bereits erwähnt, vor allem bei der Beantwortung von Stift 6 große Schwierigkeiten hatten. Dieser geht aus allen 16 „Sniffin‘ Sticks“ des Identifikationstests mit einer Gesamtfehlerquote von 79 % als der Stift mit der höchsten Quote hervor. Hierbei ist spannend zu beobachten, dass sich der Großteil aller Probanden für den Grapefruitduft anstatt des richtigen Zitronenduft entschieden hat. Dies lag vermutlich daran, dass es sich bei beiden Antwortmöglichkeiten um Zitrusfrüchte handelt. Des Weiteren führte die Auswahl der richtigen Antwortmöglichkeit von Stift 8, der den Terpentingeruch enthält, zu Problemen. Primär kam es bei den Studienteilnehmern dabei zur Verwechslung mit dem Senfgeruch. Mit einer Gesamtfehlerquote von 67 % ist es der Stift mit dem zweithöchsten Fehlerresultat. Eine mögliche Erklärung für diese hohe Fehleranfälligkeit ist, dass der Großteil der Probanden wissen ließ, den Geruch von Terpentin bzw. den Stoff generell nicht zu kennen.

Beim Stift mit der dritthöchsten Fehlerquote handelte es sich um jenen mit der Nummer 11, welcher den Geruch nach Apfel beinhaltet. Hier lag die Gesamtfehlerquote bei 58 %. Der Apfelduft wurde zu zirka gleichen Teilen mit dem Geruch nach Melone sowie Pfirsich verwechselt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass sich die Probanden in Bezug auf die nicht in den Auswahlmöglichkeiten angegebenen Sorten von Apfel (roter / grüner Apfel) und Melone (Wasser-, / Zucker-, / Honigmelone) sehr unsicher waren. Eine weitere mögliche Theorie für die Auswahl des Melonen- oder Pfirsichgeruchs ist,

dass einige Probanden den Versuchsleiter wissen ließen, bei diesem Stift nach dem Ausschlussverfahren gehandelt zu haben.

Auf der anderen Seite gab es auch einige Stifte, bei welchen den Probanden aller evaluierten Gruppen die Identifikation sehr leicht fiel. Hierzu zählten die Nummern 4 (Pfefferminz), 5 (Banane), 12 (Gewürznelke), 14 (Rose) und 16 (Fisch). Bei diesen Stiften lag die Gesamtfehlerquote bei unter 10 % und resultierte möglicherweise daraus, dass die Gerüche zum einen relativ stark konzentriert waren und zum anderen zu den üblichen Gerüchen im Alltag zählen.

4.2.4. SDI-Score

Nach Auswertung der Ergebnisse der evaluierten Untersuchungen wurde auch das Gesamtergebnis aus diesen, der sog. SDI-Score, statistisch bewertet.

Der SDI-Score umfasst infolge der Riechschwellentestung sowohl den peripheren Anteil des Riechvorgangs als auch die zentrale olfaktorische Verarbeitung, welche mit Hilfe der Diskrimination und Identifikation von Gerüchen ermittelt wird [Hummel et al., o.J.].

Der SDI-Score bestätigte die Bewertung der drei durchgeführten Geruchstests, dass es einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0.05$) zwischen den evaluierten Gruppen gab. Beim paarweisen Vergleich zeigte sich, dass diese Unterschiede, wie auch schon bei der Untersuchung der Riechschwelle festgestellt, zwischen allen drei Gruppen zueinander zu finden sind. Das Ergebnis des paarweisen Vergleichs stimmte jedoch nicht mit jenem aus dem paarweisen Vergleich der Untersuchung der Fähigkeit zur Geruchsdiskrimination sowie zur Geruchsidentifikation überein, bei dem man lediglich Unterschiede zwischen jeweils zwei der drei Gruppen feststellen konnte. Bei den Resultaten des Diskriminationstests wurden diese zwischen den Veganern und Omnivoren sowie den Vegetariern und Omnivoren beobachtet, bei jenen des Identifikationstests zwischen den Veganern und Vegetariern sowie den Veganern und Omnivoren. Es konnte somit festgestellt werden, dass ausschließlich zwischen der veganen Untersuchungsgruppe und der Kontrollgruppe, sowohl bei der Auswertung aller durchgeführten Geruchstests als auch bei Betrachtung des SDI-Score, signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) bestehen. Dies spiegelt sich auch bei Betrachtung der Mittelwerte des SDI-

Score sowie in den Durchschnittswerten der Ergebnisse aus den drei Einzeltests wieder. Die vegane Gruppe schloss in allen Kategorien am schlechtesten ab und lag dabei nach Burghart (2012) im leicht hyposmischen Bereich (S-Score = 6.96, D-Score = 11.80, I-Score = 11.28, SDI-Score = 30.04). Die Gruppe der Vegetarier wies beim Mittelwertvergleich höhere Werte auf und platzierte sich an zweiter Stelle. Somit schnitt die Kontrollgruppe am besten ab.

Da die vegane Untersuchungsgruppe, wie schon erwähnt, in allen durchgeführten Tests und somit auch beim Gesamtscore am schlechtesten abgeschnitten hat, wäre es denkbar, dass sich eine vegane Ernährungsweise infolge möglicher Mikronährstoffmängel auf die zentrale und periphere olfaktorische Verarbeitung auswirkt. Zu den potentiell kritischen Nährstoffen in der veganen Ernährung zählen Aminosäuren, langkettige n3-Fettsäuren, die Mineralstoffe Eisen, Calcium, Jod, Zink und Selen sowie Vitamin D und Riboflavin. Ein besonders kritischer Nährstoff ist Vitamin B12 (Cobalamin), da dieses in seiner für den Menschen verfügbaren Form fast ausschließlich in tierischen Produkten zu finden ist [Richter et al., 2016]. In einer Studie wurde die olfaktorische Funktion anhand des Schwellentests, Diskrimination- und Identifikationstests an Probanden mit einem Cobalamin-Mangel, der zuvor in Laboruntersuchungen bestätigt wurde, im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe bestimmt. Es konnte erstmals eine positive Korrelation zwischen dem Vitamin B12-Spiegel und der olfaktorischen Funktion nachgewiesen werden. Des Weiteren schlossen Probanden in der Cobalamin-Mangel-Gruppe beim Schwellentest sowie beim Diskriminations- und Identifikationstest signifikant schlechter als die Kontrollgruppe ab und erreichten infolgedessen auch signifikant niedrigere SDI-Scores [Derin et al., 2016]. Eine weitere Studie zeigte, dass Patienten mit Eisenanämie bei der Riechschwellenbestimmung signifikant niedrigere S-Scores erzielten. Auch im Diskriminations- sowie Identifikationstest schnitt diese Personengruppe signifikant schlechter ab als die Kontrollgruppe und wies somit auch signifikant niedrigere SDI-Werte auf. Ursache hierfür ist eine Abnahme des Hämoglobinspiegels infolge der Eisenanämie, was wiederum die mit Hilfe des „Sniffin‘ Sticks“-Geruchstests evaluierte Verringerung der Riechfunktion zur Folge hatte [Dinc et al., 2016]. Des Weiteren kann möglicherweise auch Zinkmangel eine verminderte olfaktorische Wahrnehmung zur Folge haben, wenngleich hierzu relativ wenige und zum Teil kontroverse Studien vorliegen, wie z.B. eine Studie an männlichen Wistar-Ratten, in der berichtet wurde, dass die Untersuchungsgruppe, welche mit einer Zinkmangel-Diät gefüttert wurde, eine verminderte Glutathion-S-Transferase-Expression in

den Stützzellen der Riechepithelzellen aufwies. Die Anzahl an apoptotischen Zellen des olfaktorischen Epitheliums unterschied sich jedoch nicht zwischen der Untersuchungsgruppe und der Kontrollgruppe [Kudo et al., 2000]. Bereits eine frühere Studie von Mackay-Sim und Dreosti (1989) konnte keine Induktion der Apoptose durch Zinkmangel im Tierversuch an Ratten feststellen. Ein weiterer Indikator für das verminderte Riechvermögen der veganen Gruppe könnte ein Mangel an n3-Fettsäuren sein. Auch hier zeigte eine Studie an Ratten, dass jene Gruppe, die eine manipulierte Diät zur Schaffung eines n3-Fettsäuren-Defizits erhielt, eine verschlechterte Diskriminationsfähigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe aufwies. Dieses Ergebnis ist dem besonders stark verringerten DHA-Level im Gehirn der Ratten der Untersuchungsgruppe zuzuschreiben [Greiner et al., 2001]. Ob in der vorliegenden Studie tatsächlich Mikronährstoffmängel Auslöser für die schlechteren Ergebnisse im Vergleich zu den anderen beiden evaluierten Gruppen darstellen, ist nur eine mögliche Theorie, jedoch nicht beurteilbar, da vor Durchführung der Tests keine Blutuntersuchung und Erhebung des Nährstoffstatus stattgefunden hat.

Während den Untersuchungen fiel auf, dass die Probanden besonders bei der Riechschwellentestung Schwierigkeiten hatten, was auch beim Vergleich der Ergebnisse des Schwellentests mit jenen aus dem Diskriminations- und Identifikationstest bestätigt werden konnte. Da es sich beim Schwellentest um ein schwellennahes Verfahren handelt und daher mit deutlich niedrigen Konzentrationen als bei den beiden anderen Tests gearbeitet wird, könnte es als eine mögliche Ursache der Probleme gelten. Sowohl die Untersuchung zur Geruchsdiskrimination als auch zur Geruchsidentifikation zählen zu überschwelligen Verfahren und könnten infolgedessen den Studienteilnehmern leichter gefallen sein.

Darüber hinaus wurde auch eine mögliche Beeinflussung der Dauer der veganen bzw. vegetarischen Ernährung auf den erreichten SDI-Score überprüft. Dabei konnte bei der veganen Untersuchungsgruppe ein schwach negativer Zusammenhang festgestellt ($r = -.11$) werden, was darauf hin deutet, dass, je länger sich ein Proband vegan ernährte, desto schlechtere SDI-Scores erzielt wurden. Bei den Vegetariern wurde eine schwach positive Korrelation ($r = .25$) festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass, je länger sich eine Person vegetarisch ernährte, diese umso bessere SDI-Scores erreicht hatte. Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Korrelation in beiden Fällen,

d.h. sowohl bei der veganen, also auch vegetarischen Untersuchungsgruppe nicht signifikant war ($p > 0.05$).

Nachdem, wie bereits erwähnt, noch keine Studien bezüglich des Riechvermögens von Veganern und Vegetariern vorliegen, können die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung nicht mit entsprechender Literatur verglichen werden. Es ist in jedem Fall weitere Forschung zu dieser Thematik notwendig, um zusätzliche Aussagen treffen zu können.

4.2.4.1. Eigene Selbsteinschätzung des Riechvermögens

Sowohl die beiden Untersuchungsgruppen als auch die Kontrollgruppe waren vor Testbeginn verpflichtet, ihr eigenes Riechvermögen anhand einer siebenstufigen Skala von „überdurchschnittlich gut“ bis „sehr schlecht“ einzustufen. Die subjektive Bewertung des Riechvermögens zeigte, dass die Studienteilnehmer, unabhängig davon, welcher der evaluierten Gruppen sie angehörten, ihr Riechvermögen im Durchschnitt als gut bis mittelmäßig bewertet haben. Hierbei ist interessant, zu beobachten, dass sich die vegane Gruppe besser einschätzte als sie tatsächlich abgeschlossen hat. Der durchschnittlich erzielten SDI-Score dieser Gruppe lag mit einem Wert von 30.04 ± 3.60 (MW $\pm$ SD), welcher laut Burghart (2012) dem hyposmischen Bereich entspricht.

Die Fehleinschätzung des eigenen Riechvermögens geht auch mit den Ergebnissen aus Publikationen von Landis et al. (2003) und Murphy et al. (2002) einher. In diesen Studien schätzten sich die Studienteilnehmer, unabhängig von ihrem Alter, anders ein als sie die Untersuchung tatsächlich abgeschlossen haben. Dieser Effekt beruht vermutlich darauf, dass der Riechsinn im alltäglichen Leben für die meisten Menschen eher eine untergeordnete Rolle spielt. Ein weiteres Kriterium für die Fehleinschätzung ist, dass die Probanden, sowohl in der vorliegenden Studie als auch in den beiden genannten Publikationen, sensorisch ungeschult waren. Es zeigte sich jedoch, dass sich die Fähigkeit zur eigenen Selbsteinschätzung mit einem gezielten Training des Riechsinn noch deutlich verbessern kann [Landis et al., 2003].

Bei der Untersuchung nach einem Zusammenhang zwischen der eigenen Selbsteinschätzung aller Probanden insgesamt und den erreichten SDI-Scores kann eine signifikante Korrelation ($p \leq 0.05$, $r_s = -.16$) mit einem äußerst schwach negativen Effekt festgestellt werden. Dies dahingehend, dass, je besser sich die Studienteilnehmer einschätzten umso schlechter ihr erreichter SDI-Score ausfiel. Bei der Testung bezüglich einer Korrelation zwischen der Selbsteinschätzung des Riechvermögens und den erreichten Gesamtscores innerhalb der einzelnen Gruppen war lediglich bei der vegetarischen Untersuchungsgruppe ein äußerst schwach negativer Zusammenhang ($r_s = -.14$) festzustellen. Dieser war jedoch nicht signifikant ($p > 0.05$). Bei den restlichen zwei Gruppen war kein Effekt und daher auch kein signifikanter Zusammenhang ($p > 0.05$) nachweisbar. Dies lag wahrscheinlich an der kleinen Stichprobengröße der einzelnen Gruppen im Vergleich zur Stichprobengröße von allen Probanden zusammen.

Die Selbsteinschätzung des Riechvermögens ist relativ unzuverlässig und korreliert, wie auch schon in anderen Studien festgestellt, nur schwach bis gar nicht mit den tatsächlich evaluierten Werten [Landis et al., 2003; Welge-Lüssen und Hummel, 2008].

4.2.4.2. Einflussfaktoren

4.2.4.2.1. Einfluss des Geschlechts auf den SDI-Score

Bei der Untersuchung eines möglichen Einflusses des Geschlechts auf den erzielten SDI-Score, konnte kein signifikanter Unterschied ($p > 0.05$) zwischen Männern und Frauen festgestellt werden. So unterschieden sich die erzielten SDI-Scores mit Mittelwerten von 32,69 bei Männern und 32,79 bei Frauen kaum. Dieses Resultat steht im Gegensatz zu den Ergebnissen aus diversen anderen Publikationen, bei denen Frauen im Vergleich zu Männern bei den durchgeführten Riechtests besser abgeschnitten haben [Brand und Millot 2001; Murphy et al., 2002; Hummel et al., 2007b].

Erklärungen für das bessere Abschneiden des weiblichen Geschlechts sind u.a. ein höheres Erinnerungsvermögen sowie eine höhere verbale Intelligenz und Differenzierungsfähigkeit, welche bei den diversen Riechuntersuchungen ebenfalls eine Rolle spielen [Larsson et al., 2003]. Die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit des menschlichen Fötus ist bereits lange vor der Geburt funktionsfähig. Daher werden auch veränderte pränatale Gegebenheiten als Ursache hierfür beschrieben [Schaal et al.,

2004]. Eine weitere Studie diskutiert zudem hormonelle Faktoren als Erklärung für ein verbessertes Riechvermögen von Frauen [Doty, 1981]. Darüber hinaus hat man sich auch mit anatomischen Differenzen auseinandergesetzt. So wurden zwischen Männern und Frauen Unterschiede in der Größe der Nasenmuscheln festgestellt [Leopold, 1988].

Eine mögliche Ursache dafür, dass sich in der vorliegenden Studie kein Geschlechtsunterschied nachweisen ließ, könnte eventuell an der im Vergleich zu anderen Studien relativ kleinen Stichprobengröße liegen.

4.2.4.2.2. Einfluss von Alkoholkonsum auf den SDI-Score

Neben dem Einfluss des Geschlechts auf den SDI-Score wurde eine eventuelle Auswirkung der Konsumation von Alkohol untersucht, die einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0.05$) zwischen den verschiedenen Gruppen ergab. Beim Mehrfachvergleich der einzelnen Konsumationsgruppen miteinander wird deutlich, dass sich die Ergebnisse der Personen, die mehr als 2-mal pro Woche Alkohol konsumieren, signifikant von Personen, die 1-mal pro Woche sowie Personen, die nur 1- bis 2-mal pro Monat Alkohol zu sich nehmen, unterscheiden ($p \leq 0.05$). Zu Personen, die mehr als 4-mal pro Woche Alkohol konsumierten, und zu Personen, die nie Alkohol tranken, konnten keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$) festgestellt werden. Anzumerken ist jedoch, dass die Stichprobengrößen der verschiedenen Gruppen nicht einheitlich sind, was sich wiederum auf die Aussagekraft der Ergebnisse der Untersuchung des Alkoholeinflusses auswirken könnte. So ist die Gruppe der Personen, die 4-mal pro Woche Alkohol zu sich nahmen, mit lediglich 4 Personen die kleinste, wohingegen die Gruppe der Personen, die nur 1- bis 2-mal im Monat Alkohol konsumierten, mit 71 Personen die größte darstellt. Es gab übrigens keinen einzigen Probanden, der angab, täglich Alkohol zu konsumieren. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Einschätzung des eigenen Alkoholkonsums immer subjektiv zu betrachten ist, da es für einige Personen eine eher unangenehme Frage darstellt und oftmals die Hemmung besteht, den tatsächlichen Alkoholkonsum anzugeben. Außerdem sind die im Fragebogen zur Auswahl stehenden Antwortmöglichkeiten nur Richtwerte, wobei der tatsächliche Alkoholkonsum dennoch variieren kann und nicht von Woche zu Woche bzw. Monat zu Monat gleich sein muss.

Des Weiteren wurde die Korrelation zwischen den verschiedenen Gruppen des Alkoholkonsums in Hinblick auf den erzielten SDI-Score untersucht. Hierbei konnte kein signifikanter Zusammenhang ($p > 0.05$, $r_s = -.02$) dahingehend, dass, je weniger Alkohol konsumiert wird der erreichte SDI-Score zunimmt, nachgewiesen werden. Es wäre eigentlich anzunehmen, dass die diversen Gruppen des Alkoholkonsums mit dem SDI-Score korrelieren, eine mögliche Erklärung wieso das in der vorliegenden Studie nicht der Fall ist, könnte wiederum die unterschiedliche Stichprobengröße der diversen Gruppen des Alkoholkonsums sein.

Bisher wurden erst relativ wenige Publikationen zu dieser Thematik veröffentlicht. Nichtsdestotrotz konnten einige wenige Studien negative Auswirkungen von übermäßigem Alkoholkonsum auf die olfaktorische Wahrnehmung feststellen [Rupp et al., 2003; Rupp et al., 2004; Greenberg et al., 2013]. So zeigt eine Studie, dass alkoholabhängige Personen im Vergleich zu Nicht-Alkoholikern bei der Durchführung der Geruchtests (Schwellentest, Diskriminationstest und Identifikationstest) ziemliche Probleme hatten und signifikant schlechtere Ergebnisse erzielten [Rupp et al., 2003]. Auch die Studie von Greenberg et al. (2013) bestätigte, dass übermäßiger Alkoholkonsum einen Einfluss auf das Riechvermögen haben kann. Der Grund für die Defizite in der Geruchswahrnehmung findet sich vermutlich in der Beeinträchtigung der zentralnervösen Verschaltungen, die sich durch den exzessiven Alkoholkonsum ergeben [Rupp et al., 2003].

4.2.4.2.3. Einfluss von Kontrazeptiva auf den SDI-Score

Zu guter Letzt wurde der Einfluss der Kontrazeptiva-Einnahme auf das Gesamtergebnis untersucht. Hierbei können keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$) zwischen der Kontrazeptiva-Einnahme im Hinblick auf den SDI-Score festgestellt werden.

Dieses Ergebnis steht kontrovers zu einigen anderen Studien [Landis et al., 2004; Derntl et al., 2013]. So wurde in einer Studie nach Durchführung von Geruchtests (Schwellentest, Diskriminationstest und Identifikationstest) festgestellt, dass die Einnahmedauer oraler Kontrazeptiva und die Geruchswahrnehmung signifikant korrelieren. Das bedeutet, je länger die Probandinnen die oralen Verhütungsmittel einnehmen

desto besser war ihr Riechvermögen [Derndtl et al., 2013]. Eine weitere Studie zeigt, dass Frauen, die die Pille einnahmen, beim Identifikationstest besser abschnitten als Frauen, die keine Pille schluckten [Landis et al., 2004]. Diesen Studien zufolge wiesen Frauen, die Kontrazeptiva einnehmen, eine erhöhte Geruchssensibilität auf.

Eine Erklärung weswegen in der vorliegenden Studie keine Auswirkungen der Kontrazeptiva-Einnahme auf die olfaktorische Wahrnehmung festgestellt werden konnte, ist auf die relativ kleine Stichprobengröße bzw. auf die Relation der Kontrazeptiva-Gruppe zur Kontrollgruppe zurückzuführen. Es gaben lediglich 18 von insgesamt 103 Frauen an, Kontrazeptiva einzunehmen.

5. Schlussbetrachtung

Lange Zeit wurde der Geruchssinn als sekundär angesehen und als „niederer“ Sinn bezeichnet [Auffarth, 2013]. Heute ist klar, dass es nicht so ist. Der Geruchssinn spielt im Alltag eine wesentliche Rolle, da er eng mit den Gefühlen gekoppelt ist und dabei hilft, zahlreiche Entscheidungen zu treffen, sei es bei der Auswahl der Nahrung oder sogar des Partners. Zudem fungiert er als wichtiges Warnsystem vor Gefahren wie Feuer oder Gasaustritt. Zahlreiche Studien zeigen, dass es diverse Faktoren gibt, die sich auf die Geruchswahrnehmung auswirken können. Hierzu zählen u.a. übermäßiger Alkoholkonsum, die Einnahme von Medikamenten und Kontrazeptiva sowie das Rauchen von Zigaretten [Rupp et al., 2003; Steinbach et al., 2008; Derndtl et al., 2013; Vennemann et. al, 2008]. Eine interessante Fragestellung in diesem Zusammenhang ist, ob auch die Ernährungsweise eine Auswirkung auf das Riechvermögen hat, insbesondere deshalb, da hierzu noch keine Studien publiziert wurden. Um dies festzustellen, beschäftigte sich die vorliegende Studie mit der Untersuchung der olfaktorischen Wahrnehmungsfähigkeit von Veganern, Vegetariern und Omnivoren im Vergleich.

Die Haupteergebnisse der präsentierten Studie zeigen, dass die vegane Untersuchungsgruppe in allen durchgeführten Geruchstests und infolgedessen auch beim erzielten SDI-Score signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) im Vergleich zur Kontrollgruppe aufwies. Beim Vergleich mit der vegetarischen Untersuchungsgruppe ergaben sich bei den Resultaten der Riechschwellentestung sowie der Untersuchung der Geruchsidentifikationsfähigkeit und auch im erzielten SDI-Score ebenfalls signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$). Lediglich bei der Evaluierung der Diskriminationsfähigkeit ließen sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$) zwischen Veganern und Vegetariern feststellen. Bei Betrachtung der Mittelwerte der Ergebnisse aller drei durchgeführten Geruchstests und des SDI-Score der veganen Probanden zeigte sich weiters, dass diese im leicht hyposmischen Bereich lagen.

Die Untersuchung der vegetarischen Gruppe ergab ebenso signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) im Vergleich mit der Kontrollgruppe. Diese zeigten sich in den Resultaten des Schwellentests, Diskriminationstests sowie im erreichten SDI-Score. Die Durchschnittswerte der Ergebnisse aus allen Kategorien lagen aber sowohl bei der vegetarischen Gruppe als auch bei den Omnivoren im normosmischen Bereich.

Ein weiterer interessanter Aspekt der vorliegenden Untersuchungen ist der mögliche Einfluss der Dauer der jeweiligen Ernährungsweise der evaluierten Probanden auf die Ergebnisse der drei Geruchstests bzw. auf deren erzielten Gesamtscore. Hierbei können jedoch keine signifikanten Zusammenhänge ($p > 0.05$) zwischen der Dauer der veganen bzw. vegetarischen Ernährungsweise und den Resultaten aufgezeigt werden.

Bei der subjektiven Selbsteinschätzung des Riechvermögens der Studienteilnehmer, zeigte sich, dass keine relevanten Aussagen zum Riechvermögen durch die eigene Selbsteinschätzung getroffen werden können, da diese relativ ungenau war und nur schwach bis gar nicht mit den tatsächlich untersuchten Werten korrelierte. Diese Erkenntnis bestätigen auch einige andere Studien, die sich mit dieser Materie auseinandersetzten [Landis et al., 2003; Welge-Lüssen und Hummel, 2008].

Des Weiteren war es auch wichtig, mögliche Einflussfaktoren in der Geruchsevaluierung, wie Geschlecht, Alkoholkonsum und die Einnahme von Kontrazeptiva, miteinzubeziehen. Das Alter spielte dabei keine Rolle, da sich in der Stichprobe nur Erwachsene jüngerer Alters an der Studie beteiligt haben. Lediglich bei der Untersuchung der Häufigkeit des Alkoholkonsums zeigte sich zwischen Personen, die mehr als 2-mal pro Woche Alkohol zu sich nahmen, und Personen, die 1-mal pro Woche sowie 1- bis 2-mal pro Monat Alkohol konsumierten, ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0.05$). Dennoch ist festzuhalten, dass die Aussagekraft der Ergebnisse bezüglich der Untersuchung der Einflussfaktoren als Limitation der Studie betrachtet werden muss, da in allen Kategorien ein relativ kleiner Stichprobenumfang vorhanden war sowie u.a. ein Ungleichgewicht zwischen den diversen Gruppen bestand.

Somit ist die Quintessenz dieser Studie, dass eine vegane Ernährungsweise möglicherweise einen negativen Effekt auf das Riechvermögen hat. Allerdings ist zu beachten, dass dieser Effekt nur moderat war und lediglich leichte Hyposmien bei den veganen Probanden nachgewiesen werden konnten. Als mögliche Erklärung könnte eventuell ein veganer Ernährungsstil angegeben werden, bei dem infolge möglicher Mikronährstoffmängel wie Eisen- oder Vitamin B12-Mangel die zentrale und periphere olfaktorische Verarbeitung beeinflusst wird. Eine vegetarische Ernährungsweise hingegen

zeigte in der vorliegenden Studie keine Wirkung auf die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit. Um diese Thesen bestätigen zu können, ist zu dieser Thematik jedoch noch weitere Forschung nötig. In Folgestudien sollte man darauf achten, einen größeren Stichprobenumfang zu wählen und vor allem ein noch besseres Gleichgewicht der Gruppengrößen zu erreichen. Des Weiteren wäre es empfehlenswert, ein Studienmodell mit Messwiederholung zu wählen, da sich hierdurch noch aussagekräftigere Resultate erzielen lassen. Ein zusätzlicher interessanter Aspekt für zukünftige Studien wäre, auch den Mikronährstoffstatus der Probanden zu erheben, um eventuelle Nährstoffmängel, wie beispielsweise vorhandene Mineralstoffmängel oder Vitamin B12-Defizite etc., direkt als Einflussfaktoren in die Auswertung der „Sniffin‘ Stick“- Untersuchung miteinbeziehen zu können.

6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, die olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern, Veganern und Omnivoren im Vergleich zu evaluieren, da bisher noch keine Publikationen zu dieser Thematik veröffentlicht wurden.

Dazu wurden insgesamt 187 Probanden im Alter zwischen 18 und 46 Jahren rekrutiert und je nach ihrer Ernährungsweise in drei Gruppen eingeteilt. Diese gliederten sich in die Kontrollgruppe, welche aus 70 Omnivoren (40 Frauen, 30 Männer) bestand, sowie in zwei Untersuchungsgruppen. Diese umfassten wiederum 61 Veganer (33 Frauen, 28 Männer), sowie 56 Vegetarier (30 Frauen, 26 Männer). Die Untersuchung der olfaktorischen Wahrnehmungsfähigkeit erfolgte mit Hilfe von „Sniffin‘ Sticks“ der Firma Burghart Medizintechnik. Durchgeführt wurden insgesamt 3 Tests, welche sich aus der Bestimmung der Riechschwelle (Schwellentest) sowie der Testung der Fähigkeit der Geruchsdiskrimination (Diskriminationstest) und Geruchsidentifikation (Identifikationstest) zusammensetzten. Aus den Ergebnissen der drei durchgeführten Geruchstests wurde letztendlich der SDI-Score errechnet, mit Hilfe dessen Aussagen über das Riechvermögen getroffen werden konnten. Vor Beginn der Testung erhielt jeder Proband einen Fragenbogen, mit welchem Daten zur Person (Allgemeines, Gesundheitszustand, Medikamenteneinnahme, Kontrazeptiva-Einnahme, Alkoholkonsum) sowie Informationen über das Ernährungsverhalten ermittelt wurden. Des Weiteren enthielt das Dokument Fragen zur Geruchswahrnehmung, wobei jeder Proband eine Angabe zur Selbsteinschätzung des eigenen Riechvermögens tätigen musste.

Die Ergebnisse der Riechschwellentestung zeigten signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) zwischen allen drei evaluierten Gruppen. In der Untersuchung der Fähigkeit der Geruchsdiskrimination konnten lediglich Differenzen zwischen zwei von drei Gruppen nachgewiesen werden. So unterschieden sich die Resultate der Veganer und Vegetarier signifikant ($p \leq 0.05$) von jenen der Omnivoren. Zwischen Veganern und Vegetariern wurde kein signifikanter Unterschied ($p > 0.05$) festgestellt. Die Auswertung des Identifikationstests ergab ebenfalls Differenzen zwischen zwei von drei untersuchten Gruppen. Es konnten signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) zwischen Veganern und Vegetariern sowie zwischen Veganern und Omnivoren ermittelt werden. Zwischen Vegetariern und Omnivoren gab es keine signifikanten Differenzen ($p > 0.05$). Eine weitere Untersuchung im Zusammenhang mit dem Identifikationstest zeigte auf, dass die

Ernährungsweise einen Einfluss auf die Fehlerquote bei der Erkennung der Gerüche hatte. Demzufolge ließen sich signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) zwischen Veganern und Omnivoren nachweisen. Bei der Auswertung des SDI-Score konnten signifikante Unterschiede ($p \leq 0.05$) zwischen allen drei evaluierten Gruppen ermittelt werden. Darüber hinaus wurde auch ein möglicher Zusammenhang der Dauer der veganen bzw. vegetarischen Ernährungsweise in Bezug auf die Ergebnisse der drei durchgeführten Geruchstests bzw. den erzielten SDI-Score untersucht. Hierbei konnten sowohl bei allen drei Einzelgeruchstests als auch bei Betrachtung des SDI-Score keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$) beobachtet werden.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die vegane Untersuchungsgruppe im Vergleich zur Gruppe der Vegetarier und Omnivoren in allen drei durchgeführten Geruchstests durchschnittlich schlechter abgeschlossen und somit auch die durchschnittlich niedrigsten SDI-Score erzielt hat, was auf eine leichte Hyposmie der veganen Teilnehmer hindeutet. Daraus kann man schlussfolgern, dass ein veganer Ernährungsstil möglicherweise einen negativen Effekt auf das Riechvermögen haben könnte. Um diese These zu bestätigen, ist weitere Nachforschung nötig.

7. Summary

The aim of the present study was to investigate the olfactory perception of vegetarians and vegans compared with omnivores. Until now no studies on this topic have been published.

187 study participants aged 18 to 46 years were recruited and organized into three groups according to their diet: the control group of 70 omnivores (40 women, 30 men), as well as in two investigated groups, which consisted of 61 vegans (33 women, 28 men) and 56 vegetarians (30 women, 26 men). The odor perception of the participants was evaluated by threshold test, odor discrimination and identification test by “Sniffin’ Sticks” (Burghart GmbH, Germany). Based on the results of the conducted tests the TDI-Score has been calculated to assess the olfactory function. Additionally, all subjects completed a questionnaire to determine personal data (general data, state of health, medication, contraceptive use, alcohol consumption) as well as information about nutritional behavior and self-assessment of individual olfactory perception.

The results of the olfactory threshold test showed significant differences ($p \leq 0.05$) between all three evaluated groups. The discrimination test showed that only the vegan group differ significantly ($p \leq 0.05$) from those of omnivores. There was no significant difference ($p > 0.05$) between vegans and vegetarians. The identification test revealed significant differences ($p \leq 0.05$) between vegans and vegetarians as well as between vegans and omnivores. The differences in the identification of odors between vegetarians and omnivores ($p > 0.05$) was not statistically significant. The nutritional behavior influenced the error rate in the identification test. Significant differences ($p \leq 0.05$) between vegans and omnivores were observed. The TDI-Score revealed significant differences ($p \leq 0.05$) between all three evaluated groups. In addition, no significant differences ($p > 0.05$) could be found in correlation between duration of the vegan or vegetarian diet and results of the three conducted odor tests as well as the TDI-Score.

Generally assumed, vegans in contrast to vegetarians and omnivores, achieved the lowest scores in all three conducted odor tests and consequently, the lowest TDI-Score, which was in slightly hyposmic range. Therefore, it can be concluded that a vegan diet may have a negative impact on the olfactory perception in human. In order to be able to confirm these findings, further investigation is necessary.

8. Literaturverzeichnis

ADA - AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: Vegetarian Diets. Journal of the American Dietetic Association. 2009; 109(7):1266-1282.

ALBRECHT J., WIESMANN M. Das olfaktorische System des Menschen - Anatomie und Physiologie. Der Nervenarzt. 2006; 77(8):931–939. DOI:10.1007/s00115-006-2121-z

AUER M. Wir essen mehr Fleisch denn je. Presseartikel. Aktuelle Version vom 22.08.2017. Internet: <https://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/5272939/Wir-essen-mehr-Fleisch-denn-je> (Zugriff: 20.12.2017)

AUFFARTH B. Understanding smell--the olfactory stimulus problem. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 2013; 37(8):1667-1679. DOI:10.1016/j.neubio-rev.2013.06.009

BAUMGARTNER J. Vegetarismus. In: Auffarth C., Bernard J., Mohr H., Imhof A., Kurre S. (eds) Metzler Lexikon Religion. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag, 2000. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-476-03704-6_162

BHATNAGAR KP., KENNEDY RC., BARON G., GREENBERG RA. Number of mitral cells and the bulb volume in the aging human olfactory bulb: a quantitative morphological study. The Anatomical Record. 1987; 218(1):73-87. DOI:10.1002/ar.1092180112

BIERBAUMER N., SCHMIDT RF. Biologische Psychologie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2006.

BOJANOWSKI V., HUMMEL T. Retronasal perception of odors. Physiology & Behavior. 2012; 107:484-487. DOI:10.1016/j.physbeh.2012.03.001

BRAND G., MILLOT JL. Sex differences in human olfaction: Between evidence and enigma. The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B. 2001; 54(3):259-270. DOI:10.1080/02724990143000045

BÜCKING M. Freisetzung von Aromastoffen in Gegenwart retardierender Substanzen aus dem Kaffeegetränk. Dissertation. Fachbereich Chemie. Universität Hamburg, 1999.

BURGHART MESSTECHNIK GMBH. Bedienungsanleitung. Sniffin' Sticks- Riechtest. 2012; 1-3.

BÜTZER P. Geruch - Geruchswahrnehmung Geruchserkennung Geruchswarnung (Smell, odor, odor detection, odor warning). Aktuelle Version von 2003. Internet: https://www.researchgate.net/publication/309643487_Geruch_Geruchswahrnehmung_Geruchserkennung_Geruchswarnung_Smell_odor_odor_detection_odor_warning (Zugriff 08.03.2018)

DAMM M., TEMMEL A., WELGE-LÜSSEN A., ECKEL HE., KREFT MP., KLUSSMANN JP., GUDZIOL H., HÜTTENBRINK KB., HUMMEL T. Riechstörungen - Epidemiologie und Therapie in Deutschland, Österreich und der Schweiz. HNO. 2004; 52(2):112–120. DOI:10.1007/s00106-003-0877-z

DERIN S., KOSEOGLU S., SAHIN C., SAHAN M. Effect of vitamin B12 deficiency on olfactory function. International Forum of Allergy & Rhinology. 2016; 6(10):1051-1055. DOI:10.1002/alr.21790

DERNTL B., SCHÖPF V., KOLLNDORFER K., LANZENBERGER R. Menstrual Cycle Phase and Duration of Oral Contraception Intake Affect Olfactory Perception. Chemical Senses. 2013; 38:67-75. DOI:10.1093/chemse/bjs084

DINC ME., DALGIC A., ULUSOY S., DIZDAR D., DEVELIOGLU O., TOPAK M. Does iron deficiency anemia affect olfactory function? Acta Oto-Laryngologica. 2016; 136(7):754-757. DOI:10.3109/00016489.2016.1146410

DOTY RL., CAMERON EL. Sex differences and reproductive hormone influences on human odor perception. *Physiology & Behavior*. 2009; 97:213-228.

DOI:10.1016/j.physbeh.2009.02.032

DOTY RL., SNYDER PJ., HUGGINS GR., LOWRY LD. Endocrine, cardiovascular, and psychological correlated of olfactory sensitivity changes during the human menstrual cycle. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*. 1981; 95(1):45-60

ELMADFA I., LEITZMANN C. Ernährung des Menschen. 5. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, 2015.

FÖRSTER G., DAMM M., GUDZIOL H., HUMMEL T., HÜTTENBRING KB., JUST T., MUTTRAY A., SEEBER H., TEMMEL A., WELGE-LÜSSEN A. Riechstörungen - Epidemiologie, pathophysiologische Klassifikation, Diagnose und Therapie. *HNO*. 2004; 52(8):679-684. DOI 10.1007/s00106-004-1117-x

GASTPAR H. Arzneimittelnebenwirkungen auf die Nasenschleimhaut und den Geruchssinn. *Laryngo-Rhino-Otologie*. 1986; 65(8):415-419. DOI:10.1055/s-2007-1008004

GREENBERG MI., CURTIS JA., VEARRIER D. The perception of odor is not a surrogate marker for chemical exposure: a review of factors influencing human odor perception. *Clinical Toxicology*. 2013; 51(2):70-76.

GREINER RF., MORIGUCHI T., SLOTNICK BM., HUTTON A., SALEM N. Olfactory discrimination deficits in n-3 fatty acid-deficient rats. *Physiology & Behavior*. 2001; 723:79-385. DOI:10.1016/S0031-9384(00)00437-6

GRUBER M. Ernährungsverhalten im Wandel. Vegetarismus von der Antike bis zur Gegenwart. München: GRIN Verlag, 2012. Internet:
<https://www.grin.com/document/306484> (Zugriff 07.02.2018)

GUDZIOL H., GRAUL J., BITTER T., GUNTINAS-LICHIUS O. Riechsinn wird durch akutes Rauchen reversibel und durch chronisches Rauchen dauerhaft geschädigt. 2013; 92(10):663-666. DOI:10.1055/s-0033-1349082

HÄHNER A., CROY I. Riechstörung - Olfaktorik und Lebensqualität. Neurotransmitter. 2016; 27(6):53-55.

HÄHNER A., WELGE-LÜSSEN A. Riechstörungen bei neurodegenerativen Erkrankungen. HNO. 2010; 58(7):644–649. DOI:10.1007/s00106-010-2122-x.

HATT H. Geruch. In: In RF Schmidt (Hrsg.). Neuro- und Sinnesphysiologie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2006.

HATT H. Geschmack und Geruch. In RF Schmidt., Thews G. (Hrsg.). Physiologie des Menschen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011.

HATT H. Von der Nase bis ins Gehirn: Düfte nehmen Gestalt an. NEUROrubin. 2003; 13-17.

HECKEL M., RESTER D., SEEBERGER B. Bedeutung von Geruch und Geschmack im Lebensverlauf. HeilberufeSCIENCE. 2011; 2(3):103-109. DOI:10.1007/s16024-011-0345-8

HERTING B., BIETENBECK S., SCHOLZ K., HÄHNER A., HUMMEL T., REICHMANN H. Riechstörungen bei Morbus Parkinson - Ein neues Kardinalsymptom mit Relevanz für die Früh- und Differenzialdiagnose? Der Nervenarzt. 2008; 79(2):175–184. DOI:10.1007/s00115-007-2326-9

HUMMEL T. Tutorial Sniffin' Sticks. Sniffin' Sticks – Riechstifte – Bedienungsanleitung. Uniklinikum Dresden. o.J. Internet: https://www.uniklinikum-dresden.de/de/das-klinikum/kliniken-polikliniken-institute/hno/forschung/interdisziplinaeres-zentrum-fuer-riechen-und-schmecken/downloads/downloads/sticks_deu.pdf. (Zugriff: 14.5.2018)

HUMMEL T., HÄHNER A., WITT M., LANDIS BN. Die Untersuchung des Riechvermögens. HNO. 2007a; 55(10):827-838. DOI:10.1007/s00106-007-1593-x

HUMMEL T., KOBAL G., GUDZIOL H., MACKAY-SIM A. Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. European Archives of Otorhinolaryngology. 2007b; 264:237-243.

HUMMEL T., MÜLLER A., LANDIS B. Umfangreiche Informationen zum Thema "Riech- und Schmeckstörungen". o.J. Internet: <https://www.uniklinikum-dresden.de/de/das-klinikum/kliniken-polikliniken-institute/hno/forschung/interdisziplinaeres-zentrum-fuer-riechen-und-schmecken/neuigkeiten/umfangreiche-informationen-zum-thema-riech-und-schmeckstorungen> (Zugriff: 30.07.2018)

HÜTTL RF., MAYER S. Über Massentierhaltung und das Langzeitgedächtnis der Böden. Blickwechsel. 1999; 4:30-35.

KOBAL G., HUMMEL T., SEKINGER B., BARZ S., ROSCHER S., WOLF S. "Sniffin' Sticks": screening of olfactory performance. Rhinology. 1996; 34:222-226

KOERBER K., MÄNNLE T., LEITZMANN C. Vollwert-Ernährung. Konzeption einer zeitgerechten und nachhaltigen Ernährung. 11. Auflage. Stuttgart: Karl F. Haug Verlag, 2012.

KUDO H., DOI Y., NISHINO T., NARA S., HAMASAKI K., FUJIMOTO S. Dietary Zinc Deficiency Decreases Glutathione S-Transferase Expression in the Rat Olfactory Epithelium. The Journal of Nutrition. 2000; 130(1):38–44. DOI:10.1093/jn/130.1.38

LANDIS B., HUMMEL T., HUGENTOBLE M., GIGER R., LACROIX JS. Ratings of Overall Olfactory Function. Chemical Senses. 2003; 28:691-694.DOI: 10.1093/chemse/bjg061

LANDIS BN., KONNERTH CG., HUMMEL T. A Study on the Frequency of Olfactory Dysfunction. The Laryngoscope. 2004; 114:1764-1769

LANG F., LANG P. Basiswissen Physiologie. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, 2007.

LARSSON M., LÖVDEN M. NILSSON LG. Sex differences in recollective experience for olfactory and verbal information. *Acta Psychologica*. 2003; 112:89-103

LEGRUM W. Riechstoffe, zwischen Gestank und Duft - Vorkommen, Eigenschaften und Anwendungen von Riechstoffen und deren Gemischen. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2015.

LEITZMANN C. Mehr als ein Ernährungsstil: Vegetarismus. *Biologie in unserer Zeit*. 2011; 41(2):124-129. DOI:10.1002/biuz.201110447

LEITZMANN C. Nutrition ecology: the contribution of vegetarian diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2003; 78:657-659

LEITZMANN C. Vegetarian nutrition: past, present, future. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2014; 100:496-502.

LEITZMANN C. Vegetarismus/Veganismus – was dafür spricht: *Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin*. 2014; 5(14):15-20.

LEITZMANN C. Vegetarismus: Grundlagen, Vorteile, Risiken. 4. Auflage. München: Verlag C.H. Beck oHG., 2012.

LEITZMANN C., KELLER M. Vegetarische Ernährung - Eine Ernährungsweise mit Zukunft. *Spiegel der Forschung*. 2011; 1:21-30.

LEITZMANN C., KELLER M. Vegetarische Ernährung. 3. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, 2013.

LEITZMANN C., KELLER M., HAHN A. Alternative Ernährungsformen. 2. Auflage. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 2005.

LEOPOLD DA. The relationship between nasal anatomy and human olfaction. *Laryngoscope*. 1988; 98(11):1232-1238

MACKAY-SIM A., DREOSTI IE. Olfactory function in zinc-deficient adult mice. *Experimental Brain Research*. 1989; 76(1):207-12.

MANZINI I., FRASNELLI J., CROY I. Wie wir riechen und was es für uns bedeutet – Grundlagen des Geruchssinns. *HNO*. 2014; 62(12): 846-852. DOI:10.1007/s00106-014-2925-2

MÜCKE W., LEMMEN C. Duft und Geruch - Wirkungen und gesundheitliche Bedeutung von Geruchsstoffen. München: Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, 2010.

MURPHY C., SCHUBERT CR., CRUICKSHANKS KJ., KLEIN BE., KLEIN R., Nondahl DM. Prevalence of olfactory impairment in older adults. *Journal of the American Medical Association*. 2002; 2288(18):2307-2312

PETERS JM., HUMMEL T., KRATZSCH T., LÖTSCH J., SKARKE C., FRÖLICH L. Olfactory Function in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease: An Investigation Using Psychophysical and Electrophysiological Techniques. *The American Journal of Psychiatry*. 2003; 160(11):1995-2002.

PFEILER TM., EGLOFF B. Examining the "Veggie" personality: Results from a representative German sample. *Appetite*. 2018; 120:246-255. DOI:10.1016/j.appet.2017.09.005

RICHTER M., BOEING H., GRÜNEWALD-FUNK D., HESEKER H., KROKE A., LESCHIK-BONNET E., OBERRITTER H., STROHM D., WATZL B. Vegane Ernährung - Position der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). *Ernährungsumschau International*. 2016; 4:92-102. DOI:10.4455/eu.2016.021

ROLET A., MAGNIN E., MILLOT JL., BERGER E., VIDAL C., SILEMAN G., RUMBACH L. Olfactory Dysfunction in Multiple Sclerosis: Evidence of a Decrease in

Different Aspects of Olfactory Function. *European Journal of Neurology*. 2013; 69(3):166–170.

RUBY MB. Vegetarianism: A blossoming field of study. *Appetite*. 2012; 59:141-150. DOI:10.1016/j.appet.2011.09.019

RUMEAU C., NGUYEN DT., JANKOWSKI R. How to assess olfactory performance with the Sniffin' Stick test. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck diseases*. 2016; 133:203-206.

RUPP C., FLEISCHHACKER WW., HAUSMANN A., MAIR D., HINTERHUBER H., KURZ M. Olfactory functioning in patients with alcohol dependence: Impairments in odor judgements. *Alcohol & Alcoholism*. 2004; 39(6):514-519. DOI:10.1093/alcalc/agh100

RUPP C., KURZ M., KEMMLER G., MAIR D., HAUSMANN A., HINTERHUBER H., FLEISCHHACKER WW. Reduced olfactory sensitivity, discrimination, and identification in patients with alcohol dependence. *Alcoholism, Clinical and Experimental Research*. 2003; 27(3):432-439. DOI:10.1097/01.ALC.0000057945.57330.2C

SAPKOTA A., SAPKOTA AR., KUCHARSKI M., BURKE J., MCKENZIE S., WALKER P., LAWRENCE R. Aquaculture practices and potential human health risks: Current knowledge and future priorities. *Environment International*. 2008; 34:1215-1226. DOI:10.1016/j.envint.2008.04.009

SCHAAL B., HUMMEL T., SOUSSIGNAN R. Olfaction in the fetal and premature infant: Functional status and clinical implications. *Clinic in Perinatology*. 2004; 31:261-285

SILBERNAGL S. Taschenatlas Physiologie. 7. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG, 2006.

STATISTA. Anteil von Vegetariern an der Bevölkerung in Ländern weltweit 2016. Aktueller Stand von 2018. Internet: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/261627/umfrage/anteil-von-vegetariern-und-veganern-an-der-bevoelkerung-ausgewaehlter-laender-weltweit/> (Zugriff: 16.02.2018)

STATISTA. Verteilung der Vegetarier und Veganer in Österreich nach soziodemografischen Merkmalen im Jahr 2017. Aktuelle Version von 2018. Internet: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/742331/umfrage/vegetarier-und-veganer-in-oesterreich-nach-soziodemografischen-merkmalen/> (Zugriff: 16.02.2018)

STEINBACH S., STAUDENMAIER R., HUMMEL T., ARNOLD W. Riechverlust im Alter - Eine häufige, wenig beachtete Störung mit bedeutenden Auswirkungen. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie. 2008; 41(5):394-402. DOI:10.1007/s00391-007-0488-5

STEVENSON RJ. An initial evaluation of the functions of human olfaction. Chemical Senses. 2010; 35(1):3-20.

TASCHAN H. „Veggie-Food“ - aktuelle Probleme. Lebensmittelchemie. 2016; 70:49-80

THURNHER D., GRASL M., EROVIC B., LERCHER P. HNO-Heilkunde - Ein symptomorientiertes Lehrbuch. Wien, New York: Springer Verlag, 2011.

TURETSKY BI., MOBERG PJ., YOUSEM DM., DOTY RL., ARNOLD SE., GUR RE. Reduced Olfactory Bulb Volume in Patients with Schizophrenia. The American Journal of Psychiatry. 2000; 157(5):828-830.

VEBU.at - VEGTARIERBUND ÖSTERREICH. Vegetarisch in Österreich. Aktuelle Version vom 01.06.2016. Internet: <http://www.vegetarier.at/> (Zugriff: 09.02.2018)

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

VGÖ - VEGANE GESELLSCHAFT ÖSTERREICH. 9 % leben vegetarisch oder vegan. Aktueller Stand vom 13.11.2014. Internet: <https://vegan.at/inhalt/9-leben-vegetarisch-oder-vegan> (Zugriff: 16.02.2018)

VGÖ - VEGANE GESELLSCHAFT ÖSTERREICH. Definition Veganismus. Aktuelle Version vom 19.04.2016. Internet: <https://vegan.at/inhalt/definition-veganismus> (Zugriff: 05.02.2018)

V-LABEL GMBH. Das V-Label. Aktuelle Version von 2017. Internet: <https://www.v-label.eu/at/das-v-label> (Zugriff: 08.02.2018)

WALDFAHRER F. Riechstörungen unter medicolegalen Gesichtspunkten in: Klinik der menschlichen Sinne (Stoll W. Hrsg). Springer Verlag Wien, 2008.

WELGE-LÜSSEN A., HUMMEL T. Praktische Vorgehen bei Patienten mit Riechstörungen. In: Riech-und Schmeckstörungen. Physiologie, Pathophysiologie und therapeutische Ansätze (Hummel T., Welge-Lüssen A Hrsg). Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart. 2008

9. Anhang

9.1. Einverständniserklärung



Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie:

„Olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern, Veganern und Omnivoren
im Vergleich.“

Name Teilnehmer/in: _____

Geburtsdatum: _____

E-Mail-Adresse: _____

Ich wurde von einer verantwortlichen Person dieser Studie (Katharina Fatuly),
vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite dieser aufgeklärt.

Durch die Teilnahme an dieser Studie entsteht kein Risiko, das über die Risiken des
alltäglichen Lebens hinausgeht.

Mir ist bewusst, dass die Teilnahme an diesen Untersuchungen freiwillig ist. Es steht
mir zu jedem Zeitpunkt dieser Studie frei, die Teilnahme abubrechen, ohne dass
sich daraus Nachteile für mich ergeben.

Ich bin damit einverstanden, dass in dieser Studie Daten von mir aufgezeichnet
werden. Mir ist bekannt, dass meine Daten anonym gespeichert und ausschließlich
für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden.

Ort und Datum:

Unterschrift Teilnehmer/in:

9.2. Fragebogen



Fragebogen zur Studie:

„Olfaktorische Wahrnehmungsfähigkeit von Vegetariern, Veganern und Omnivoren
im Vergleich.“

Probanden-Nr.: _____

1.) Allgemeine Angaben

Name Teilnehmer/in: _____

Geschlecht: _____

Alter: _____

Beruf: _____

Sind Sie in Ihrem Arbeitsumfeld hohen Staubbelastungen, Chemikalien oder Gasen
ausgesetzt? Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, welcher dieser Belastungen? _____

Leiden Sie an chronischen Erkrankungen ? Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, unter welchen ? _____

Liegen genetisch angeborene Erkrankungen vor ? Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, welche ? _____

Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein ? Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, welche ? _____

Nehmen Sie derzeit Medikamente ein ? Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, welche ? _____

Leiden Sie derzeit an einer Erkältung ? Ja ☐ Nein ☐

Besteht derzeit eine Schwangerschaft? Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, in welcher Woche / welchem Monat ? _____

Verwenden Sie derzeit hormonelle Kontrazeptiva (Anti-Baby-Pille, Dreimonatsspritze, Hormonspirale, Hormonpflaster etc.) ? Ja ☐ Nein ☐

Ich bin: ☐ Nichtraucher/in
☐ Raucher/in
☐ ehemalige/r Raucher/in

Falls Sie ehemalige/r Raucher/in sind, vor wie vielen Jahren haben Sie mit dem Rauchen aufgehört? _____

Wie oft konsumieren Sie alkoholische Getränke ?

- ☐ täglich
☐ mehr als 4 Mal die Woche
☐ mehr als 2 Mal die Woche
☐ 1 Mal pro Woche
☐ 1 bis 2 Mal im Monat
☐ nie

2.) Ernährungsspezifische Angaben

Ich bin: ☐ Veganer/in
☐ Vegetarier/in
☐ Omnivor („Allesesser“)

Falls Sie Vegetarier/in sind, zu welcher Form zählen Sie ?

- ☐ Ovo-Lakto (ich verzichte auf Fleisch und Fisch)
- ☐ Lakto (ich verzichte zusätzlich zu Fleisch und Fisch auch auf Ei)
- ☐ Ovo (ich verzichte zusätzlich zu Fleisch und Fisch auch auf Milch und Milcherzeugnisse)

Seit wie vielen Jahren ernähren Sie sich vegetarisch bzw. vegan ? _____

3.) Angaben zum Riechvermögen

Selbsteinschätzung Ihres eigenen Riechvermögen als:

- ☐ überdurchschnittlich gut
- ☐ sehr gut
- ☐ gut
- ☐ mittelmäßig
- ☐ eher schlecht
- ☐ schlecht
- ☐ sehr schlecht

Ich leide unter einer quantitativen Riechstörung ?

Ja ☐ Nein ☐

Wenn ja, unter welcher ?

- ☐ Anosmie (völliger Ausfall des Riechvermögens)
- ☐ Hyposmie (vermindertes Riechvermögen)
- ☐ Hypersomie (gesteigertes Riechvermögen)

Sonstiges (z.B.: schiefe Nasenscheidewand): _____

Ort und Datum:

9.3. Ergebnisprotokoll der 3 Tests



Sniffin' Sticks

Riechtest

Datum, Uhrzeit _____, _____

Name _____ Alter _____ Geschlecht ☐ m ☐ w

Bestimmung der Geruchsschwelle

Ab welcher Konzentration nehmen Sie einen Riechstoff (n-Butanol) wahr ?

Ihnen werden mehrfach hintereinander drei Stifte angeboten, wovon nur einer der drei den Riechstoff enthält. Die anderen beiden Stifte enthalten mit Propylenglycol konserviertes Wasser (*Aqua conservans*). Ihre Aufgabe ist es, herauszufinden, bei welchem der drei dargebotenen Stifte Sie glauben n-Butanol wahrgenommen zu haben. Sie müssen sich für einen der drei Stifte entscheiden, selbst wenn Sie sich Ihrer Entscheidung nicht sicher sind.

beidseitige Testung

Verd.							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

Ergebnis:

beidseits

Sniffin' Sticks
Riechtest

Datum, Uhrzeit _____, _____

Name _____ Alter _____ Geschlecht ☐ m ☐ w

Diskriminationsfähigkeit
Wie gut werden Gerüche unterschieden?

Ihnen werden 16 Triplets mit je 3 Stiften angeboten; zwei Stifte des Triplets riechen gleich, nur einer der Stifte enthält einen anderen Riechstoff. Ihre Aufgabe ist es, den anders riechenden Stift herauszufinden und die Farbe am Protokollblatt zu notieren. Die Reihenfolge der Farben soll variiert werden.

beidseitige Testung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Rot																
Grün																
Blau																

Ergebnis (Summe der korrekten Diskriminationen) beidseits

Sniffin' Sticks
Riechtest

Datum, Uhrzeit _____, _____

Name _____ Alter _____ Geschlecht ☐ m ☐ w

Identifikationsfähigkeit
Wie gut werden Gerüche erkannt?

Ihnen werden 16 Stifte, mit aus dem Alltag bekannten Gerüchen, angeboten. Sie sollen jedem Geruch einen von vier Begriffen aus nachstehender Liste zuordnen, der den Geruch am zutreffendsten beschreibt.

beidseitige Testung

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

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

Ergebnis (Summe der korrekten Identifikationen)

beidseits