

Technische Universität München

Poliklinik für Präventive und Rehabilitative Sportmedizin
des Klinikums rechts der Isar

**Vitamin- und Mineralstoffaufnahme bei Adipösen und
Normalgewichtigen**

Daniela Elisabeth Häusele

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. J. Chr. Erdmann
2. Prof. Dr. J. J. Hauner

Die Dissertation wurde am 18.02.2016 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 07.12.2016
angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VII
Verzeichnis der Abkürzungen	VIII
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	4
2.1 Datenerhebung	4
2.1.1 Studienteilnehmer	4
2.1.2 Erhebung des Essverhaltens und der anthropometrischen Daten.....	5
2.2 Datenauswertung.....	6
2.2.1 PRODI®.....	6
2.2.2 D-A-CH-Referenzwerte	7
2.2.3 Lebensmittelgruppen.....	7
2.2.4 Gruppenanalyse.....	11
2.2.5 Vergleich mit der Nationalen Verzehrsstudie II	11
2.2.6 Intraindividuelles Ranking der Verzehrstage	12
2.3 Statistische Analysen	13
3 Ergebnisse	14
3.1 Gesamte Studienteilnehmer	14
3.2 Mikronährstoffaufnahme bei adipösen und normalgewichtigen Personen.....	16
3.3 Mikronährstoffaufnahme bei Frauen und Männern	24
3.4 Altersabhängigkeit der Mikronährstoffaufnahme bei Frauen	32
3.5 Altersabhängigkeit der Mikronährstoffaufnahme bei Männern.....	41
3.6 Intraindividuelle Analyse der Vitamin-C-Aufnahme.....	49
3.7 Intraindividuelle Analyse der Vitamin-D-Aufnahme	52
3.8 Intraindividuelle Analyse der Calciumaufnahme.....	55
3.9 Intraindividuelle Analyse der Zinkaufnahme.....	58
4 Diskussion	61
4.1 Adipositas: Ursachen, Folgen und Therapieoptionen	61
4.2 Mikronährstoffaufnahme bei normalgewichtigen und adipösen Personen.....	64
4.2.1 Mikronährstoffaufnahme vor Reduktion der Nahrungsmenge	64
4.2.2 Mikronährstoffaufnahme während Reduktion der Nahrungsmenge.....	66

4.2.3	Fazit.....	67
4.2.4	Vergleich mit anderen Studien.....	68
4.3	Vergleich mit der NVS II.....	69
4.3.1	Vitamine.....	70
4.3.2	Mineralstoffe.....	70
4.3.3	Phosphor, Pantothensäure und Vitamin K.....	71
4.4	Vitamin C.....	72
4.4.1	Gesamte Studienteilnehmer.....	73
4.4.2	Adipöse und Normalgewichtige.....	73
4.4.3	Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II.....	73
4.4.4	Referenzwerte.....	74
4.4.5	Fazit.....	74
4.5	Vitamin D.....	75
4.5.1	Gesamte Studienteilnehmer.....	75
4.5.2	Adipöse und Normalgewichtige.....	76
4.5.3	Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II.....	76
4.5.4	Referenzwert.....	76
4.5.5	Fazit.....	77
4.6	Calcium.....	78
4.6.1	Gesamte Studienteilnehmer.....	78
4.6.2	Adipöse und Normalgewichtige.....	79
4.6.3	Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II.....	79
4.6.4	Referenzwert.....	79
4.6.5	Fazit.....	79
4.7	Zink.....	81
4.7.1	Gesamte Studienteilnehmer.....	81
4.7.2	Adipöse und Normalgewichtige.....	82
4.7.3	Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II.....	82
4.7.4	Referenzwerte.....	82
4.7.5	Fazit.....	82
4.8	Stärken und Limitationen.....	84
5	Zusammenfassung.....	86
	Literaturverzeichnis.....	88
	Danksagung.....	96

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1 Komorbiditäten der adipösen Studienteilnehmer	4
Tabelle 2.2 Gemittelte D-A-CH-Referenzwerte nach Altersgruppen und Geschlecht.....	8
Tabelle 2.3 Zuordnung der Lebensmittel aus den Patientenprotokollen zu 32 Lebensmittelgruppen	9
Tabelle 2.4 Hauptquellen für Vitamine und Mineralstoffe in Lebensmitteln	10
Tabelle 3.1 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten aller Studienteilnehmer stratifiziert nach Geschlecht	14
Tabelle 3.2 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten aller Studienteilnehmer stratifiziert nach BMI	15
Tabelle 3.3 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten zwischen Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht	16
Tabelle 3.4 Aufnahme von Spurenelementen bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht	17
Tabelle 3.5 Aufnahme von Mengenelementen bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht	18
Tabelle 3.6 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht	20
Tabelle 3.7 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht	21
Tabelle 3.8 Durchschnittliche Mengenaufnahme der verschiedenen Lebensmittelgruppen bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht.	22
Tabelle 3.9 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten zwischen Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht.....	24
Tabelle 3.10 Aufnahme von Spurenelementen bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht	25
Tabelle 3.11 Aufnahme von Mengenelementen bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht	26
Tabelle 3.12 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht	28
Tabelle 3.13 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht	29
Tabelle 3.14 Durchschnittliche Mengenaufnahme der verschiedenen Lebensmittelgruppen bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht.....	30

Tabelle 3.15 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrsdaten zwischen verschiedenen Altersgruppen von Frauen	32
Tabelle 3.16 Aufnahme von Spurenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen	33
Tabelle 3.17 Aufnahme von Mengenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen	34
Tabelle 3.18 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen.....	36
Tabelle 3.19 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen	37
Tabelle 3.20 Durchschnittliche Mengenaufnahme durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen zwischen verschiedenen Altersgruppen von Frauen	38
Tabelle 3.21 Vergleich der demografische Daten und Verzehrsdaten zwischen verschiedenen Altersgruppen von Männern.....	41
Tabelle 3.22 Aufnahme von Spurenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Männern	42
Tabelle 3.23 Aufnahme von Mengenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Männern	43
Tabelle 3.24 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Männern	45
Tabelle 3.25 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Männern	46
Tabelle 3.26 Durchschnittliche Mengenaufnahme durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen zwischen verschiedenen Altersgruppen von Männern.....	47
Tabelle 3.27 Durchschnittliche Vitamin-C-Aufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	49
Tabelle 3.28 Durchschnittliche Verzehrsmenge, Energieaufnahme und Energiedichte sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	50
Tabelle 3.29 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	50
Tabelle 3.30 Durchschnittliche Mengenaufnahme durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	51
Tabelle 3.31 Durchschnittliche Vitamin-D-Aufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-D-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	52
Tabelle 3.32 Durchschnittliche Verzehrsmenge, Energieaufnahme und Energiedichte sortiert nach der täglichen Vitamin-D-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	52

Tabelle 3.33 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-D-Aufnahme aller Studienteilnehmer	53
Tabelle 3.34 Durchschnittliche Mengenaufnahme durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Vitamin-D-Aufnahme aller Studienteilnehmer.....	54
Tabelle 3.35 Durchschnittliche Calciumaufnahme sortiert nach der täglichen Calciumaufnahme aller Studienteilnehmer	55
Tabelle 3.36 Durchschnittliche Verzehrsmenge, Energieaufnahme und Energiedichte sortiert nach der täglichen Calciumaufnahme aller Studienteilnehmer	55
Tabelle 3.37 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Calciumaufnahme aller Studienteilnehmer.....	56
Tabelle 3.38 Durchschnittliche Mengenaufnahme durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Calciumaufnahme aller Studienteilnehmer.	57
Tabelle 3.39 Durchschnittliche Zink-Aufnahme sortiert nach der täglichen Zinkaufnahme aller Studienteilnehmer.....	58
Tabelle 3.40 Durchschnittliche Verzehrsmenge, Energieaufnahme und Energiedichte sortiert nach der täglichen Zinkaufnahme aller Studienteilnehmer	58
Tabelle 3.41 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Zinkaufnahme aller Studienteilnehmer.....	59
Tabelle 3.42 Durchschnittliche Mengenaufnahme durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Zinkaufnahme aller Studienteilnehmer.....	60
Tabelle 4.1 Klassifikation des BMI für Erwachsene der WHO	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1 Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Nährstoffenergiedichte von Normalgewichtigen und Adipösen	23
Abbildung 3.2 Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Nährstoffenergiedichte von Frauen und Männern.....	31
Abbildung 3.3 Mineralstoffe: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Frauen	39
Abbildung 3.4 Vitamine: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Frauen.....	39
Abbildung 3.5 Mineralstoffe: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Männer	48
Abbildung 3.6 Vitamine: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Männer	48

Verzeichnis der Abkürzungen

BMI	Body-Mass-Index
BVS II	Bayerische Verzehrsstudie II
d	Tag
D-A-CH-Referenzwerte	Referenzwerte der Gesellschaften für Ernährung in Deutschland, Österreich und der Schweiz
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
g	Gramm
IE	Internationale Einheiten
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
l	Liter
m	Meter
ml	Milliliter
mg	Milligramm
MW	Mittelwert
ng	Nanogramm
nmol	Nanomol
NVS II	Nationale Verzehrsstudie II
ÖGE	Österreichische Gesellschaft für Ernährung
RR	Relatives Risiko
p	Signifikanzniveau
PAL	Physikalisches Aktivität Level
SEM	Standardfehler des Mittelwertes (engl. <i>standard error of the mean</i>)
SGE	Schweizerische Gesellschaft für Ernährung
µg	Mikrogramm
WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl. <i>World Health Organisation</i>)

1 Einleitung

Adipositas stellt mit einer Zahl von weltweit 671 Millionen Betroffenen ein globales Gesundheitsproblem dar und wird häufig sogar als Pandemie bezeichnet (Roth et al. 2004, Ng et al. 2014). In Deutschland liegt laut einer aktuellen Studie des Robert-Koch-Instituts der Anteil der von Adipositas betroffenen Frauen bei 23,9 % und der betroffenen Männer bei 23,3 %; äußerst alarmierend ist zudem die in den letzten Jahren deutlich zu verzeichnende Zunahme dieser Zahlen (Mensink et al. 2013).

Um die Ätiologie der Adipositas in der Gesamtheit zu verstehen, muss beachtet werden, dass es für den Menschen Jahrhunderte lang ein Überlebensvorteil war, Energie speichern zu können. Erst in einer relativ kurzen Zeit, dem letzten Jahrhundert, kam es zu einer Umkehr des Verhältnisses zwischen Nahrungsangebot und Bewegung. Dies ist einerseits durch die große Verfügbarkeit an Lebensmitteln bedingt; auf der anderen Seite spielt die Abnahme der körperlichen Aktivität eine entscheidende Rolle (WHO-Europa 2006). Langfristige Anpassungen an diese Veränderungen, die eine Nahrungsaufnahme begrenzen würden, sind vom menschlichen Organismus in dieser kurzen Zeitspanne noch nicht umgesetzt worden (Hill 2006).

Die Folgen der Adipositas sind gravierend. Zahlreiche Studien beschreiben die Assoziation mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität (WHO-Europa 2007, Pischon et al. 2008, Flegal et al. 2013, Ng et al. 2014). Weltweit wird die Zahl der Todesfälle durch einen erhöhten Body-Mass-Index (BMI) auf etwa 3,4 Millionen geschätzt (Lim et al. 2012). Die häufigsten Folgeerkrankungen stellen Diabetes mellitus Typ 2, Dyslipidämie, Gallenblaserkrankungen, Atemnot, Schlafapnoe-Syndrom, Koronare Herzerkrankungen, Osteoarthritis, Hyperurikämie und Karzinome, wie z.B. Mamma-, Kolon- und Endometriuskarzinom dar (WHO 2000).

Auch die hohen Kosten für die Volkswirtschaft sollten nicht außer Acht gelassen werden. Knoll und Hauner beschrieben Gesamtkosten für die Adipositas und elf assoziierte Krankheiten in Höhe von ca. 13 Milliarden Euro für das Bezugsjahr 2003 in Deutschland. Die Autoren berechneten indirekte Kosten von 1,4 bis 1,6 Milliarden Euro, was einen Verlust von ca. 500.000 Erwerbsjahren pro Jahr bezogen auf die nationale Produktivität bedeutet (Knoll und Hauner 2008). Da sich die Prävalenz der Adipositas seit dieser Erhebung stark erhöht hat, kann von einem weiteren erheblichen Anstieg der Kosten ausgegangen werden.

Es ist somit von großer Bedeutung, wirkungsvolle Therapiemöglichkeiten für die Adipositas zu entwickeln. Prinzipiell kann zwischen einer konservativ-diätetischen und einer chirurgischen Therapie unterschieden werden. Die konservativ-diätische Therapie stellt die häufigste Therapieform dar. Sie ist mit einer Ernährungsumstellung verbunden und kann in die Low-Carb-, die Low-Calorie-, die Very-Low-Calorie-, die Low-Fat- und die Low-Energy-Density-Diät unterteilt werden (Sassen 2010). Eine Gewichtsreduktion von initial 10 % ist bei den meisten dieser Diäten im Bereich des Möglichen, wodurch eine deutliche Reduktion der Komorbiditäten und dadurch auch der Mortalitäten erzielt werden kann (Clifton 2008, Sassen 2010).

Die chirurgische Therapieoption erlangt in der Öffentlichkeit vergleichsweise viel Aufmerksamkeit. Es sollte dabei aber nicht vergessen werden, auf die klaren Defizite dieser Therapie hinzuweisen. Zum einen zeigen die operierten Patienten zahlreiche Nebenwirkungen wie z. B. Erbrechen, Elektrolytstörungen und Vitaminmangelerscheinungen, zum anderen kommen nur etwa 1,5 % aller Adipösen in Deutschland dafür überhaupt in Betracht (Maggard et al. 2005, Elder und Wolfe 2007, Max Rubner-Institut 2008).

Da in den letzten Jahren trotz der bekannten Therapiemöglichkeiten die Prävalenz der Adipositas weiter stieg, ist es erforderlich, die Ernährungsumstellungen zu optimieren. Um die Betroffenen bestmöglich beraten und ihnen Defizite unter der Ernährungstherapie aufzeigen und ggf. entgegensteuern zu können, ist es notwendig, die Ernährungsgewohnheiten von adipösen Personen genau zu ermitteln und auch Unterschiede des Verzehrverhaltens im Vergleich zu normalgewichtigen Personen zu analysieren.

In Deutschland wurden diesbezüglich in den letzten Jahren bevölkerungsrepräsentative Studien veröffentlicht, zum einen die Bayrische Verzehrsstudie II (BVS II) und zum anderen die größer angelegte Nationale Verzehrsstudie II (NVS II). Die Daten dieser Studien können jedoch nur bedingt für Empfehlungen für die Therapie der Adipositas verwendet werden, da nur ca. 50 % der untersuchten Teilnehmer adipöse Personen darstellen und zudem keine Auswertung der Daten in Bezug auf den BMI erfolgte (Himmerich et al. 2007, Max Rubner-Institut 2008). Auch unabhängig von der BVS II und der NVS II gibt es zum jetzigen Zeitpunkt kaum Studien zum Vergleich der Verzehrdaten normalgewichtiger und adipöser Personen. Dies ist jedoch von entscheidender Bedeutung, um Besonderheiten in den Ernährungsgewohnheiten von adipösen Personen zu erfassen. Gegebene Defizite, z. B. in der Mikronährstoffzufuhr, können so besser erkannt werden und gegebenenfalls bei einer Ernährungsumstellung im besonderen Maße beachtet und therapiert werden. Der spezielle

Blick auf die Mikronährstoffe ist relevant, da in der Literatur wenige Daten über den Mangel von Vitaminen und Mineralstoffen von Adipösen im Vergleich zu den Daten von Normalgewichtigen veröffentlicht wurden, obwohl die Existenz des Zusammenhangs zwischen Adipositas und Defiziten an Mikronährstoffen bekannt ist (Garcia et al. 2009). Die Beziehungen von Ursachen und Folgen werden jedoch noch kontrovers diskutiert.

Um die Verzehrsdaten von ausgewählten Personen möglichst detailliert und genau zu erfassen, empfiehlt es sich, über einen Zeitraum von mindestens zehn Tagen Ernährungsprotokolle führen zu lassen, in denen die verzehrten Lebensmittel mit Uhrzeit, Menge und Zubereitungsart aufgeschrieben werden. Das Essverhalten soll dabei bewusst nicht verändert werden. So kann eine realistische Darstellung der tatsächlichen Verzehrsdaten in der natürlichen Umgebung gewährleistet werden. Anderen Arten der Datenerfassung wie zum Beispiel dem „24-h-recall“ oder der „Diet History“, die unter anderem in der NVS II verwendet wurden, ist die Methode der Ernährungsprotokolle durch ihre Genauigkeit der Erfassung überlegen (Bingham et al. 1994, Hausmann et al. 2007, Slimani et al. 2015).

Die in der vorliegenden Studie beschriebenen Daten basieren auf den insgesamt 4790 Ernährungsprotokollen (479 Personen à zehn Tage) Adipöser und Normalgewichtiger vor einer Therapie in der Ernährungsambulanz eines Universitätsklinikums. Um die tatsächlichen Mikronährstoffaufnahmen dieser Teilnehmer zu ermitteln, werden die Zufuhren von 21 Vitaminen und Mineralstoffen analysiert und anschließend die Daten der adipösen mit denen der normalgewichtigen Teilnehmer verglichen. Zudem erfolgt eine Einschätzung der Höhe der ermittelten Werte in Bezug zu den Referenzwerten der Gesellschaften für Ernährung in Deutschland, Österreich und der Schweiz und eine intraindividuelle Analyse der Aufnahmen von Vitamin C, Vitamin D, Calcium und Zink. Durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie sollen mögliche Defizite bezüglich der Aufnahme von bestimmten Vitaminen und Mineralstoffen adipöser Personen aufgedeckt werden. Auf die erniedrigten Mikronährstoffzufuhren soll dadurch in Gewichtsreduktionsprogrammen, in denen es durch ein verändertes Verzehrsverhalten zusätzlich zu einer verminderten Aufnahme kommen kann, vermehrt eingegangen werden können.

2 Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

2.1.1 Studienteilnehmer

In der vorliegenden Studie werden die Verzehrdaten von insgesamt 479 adipösen und normalgewichtigen Personen analysiert. Die adipösen Personen waren ausschließlich ambulante Patienten des Else Kröner-Fresenius-Zentrums für Ernährungsmedizin am Klinikum rechts der Isar in München. Sie suchten das Zentrum entweder mit einer Überweisung des Haus- oder Facharztes oder aus eigener Initiative zur Therapie ihres Übergewichts auf. Beim Erstgespräch wurden die Personen gebeten, für das geplante Beratungsgespräch Ernährungsprotokolle zu verfassen. Viele dieser adipösen Personen beschrieben, im Vorfeld bereits zahlreiche Diäten durchgeführt zu haben. Zudem wurden beim Beratungsgespräch von den adipösen Personen die in der Tabelle 2.1 aufgelisteten Komorbiditäten erfasst.

Tabelle 2.1 Komorbiditäten der adipösen Studienteilnehmer

Komorbidität	Anzahl (%)
Hypertonie	157 (57)
Koronare Herzkrankheit	53 (19)
Hyperlipidämie	103 (37)
Diabetes mellitus	128 (47)
Sonstige Erkrankungen	87 (32)

Die Ernährungsprotokolle der normalgewichtigen Personen wurden ebenfalls im Süden von Deutschland durch Bachelor- und Dissertationsarbeiten ermittelt. Diese Personen entsprechen von Alter und Geschlecht in etwa dem Verhältnis der adipösen Personen und weisen keine Komorbiditäten auf. Alle teilnehmenden Personen wurden nach einem Einverständnis für die wissenschaftliche Auswertung der erhobenen Daten gefragt und stimmten dieser zu.

2.1.2 Erhebung des Essverhaltens und der anthropometrischen Daten

Die Ernährungsprotokolle entstanden durch die Dokumentation des Lebensmittelverzehrs der teilnehmenden Personen an mindestens zehn aufeinander folgenden Tagen. Ihnen war freigestellt, ob sie dafür entweder einen zur Verfügung gestellten Vordruck oder eine eigene Anfertigung verwendeten. Sie wurden aufgefordert, jedes konsumierte Lebensmittel und Getränk mit Menge, Zubereitungsart, Zeitpunkt und gegebenenfalls Fettgehalt zu notieren. Bestmöglich sollten diese mit durch die Haushaltswaage ermittelten Grammangaben oder durch genaue Angaben wie Tee-, Esslöffel oder Milliliter genannt werden. Ebenfalls bekamen sie eine Broschüre, in der haushaltsübliche Portionsgrößen und Mengen angegeben waren. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Ernährungsgewohnheiten wie gewohnt fortgesetzt werden sollten und dass ehrliche und genaue Angaben zu Mengen und Art der Lebensmittel gemacht werden sollten, um einen möglichst großen Erfolg zu gewährleisten. Die Ermittlung von Körpergröße und Körpergewicht erfolgte bei den adipösen Personen in der Ambulanz in leichter Kleidung ohne Schuhe. Die normalgewichtigen Personen wurden aufgefordert das Körpergewicht und die Körpergröße selbst zu ermitteln. In Studien von Rowland und Spencer et al. ist beschrieben, dass Selbstangaben hierzu verlässlich sind (Rowland 1990, Spencer et al. 2002).

2.2 Datenauswertung

2.2.1 PRODI®

Alle 4790 Ernährungsprotokolle wurden in die Organisationssoftware für Ernährungsberatung und Ernährungstherapie der Wissenschaftlichen Verlagsgesellschaft mbH PRODI® Version 4.5 bis 5.9 der Autoren Dr. med. B. Kluthe und Dr. med. P. Kassel eingegeben. Diese Software verwendet als Grundlage den Bundeslebensmittelschlüssel, herausgegeben vom Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz, die Souci-Fachmann-Kraut-Tabelle, herausgegeben von der Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, sowie Analysen zu Inhaltsstoffen einzelner Hersteller. Die meisten Lebensmittel waren unter der gleichen Bezeichnung in PRODI® zu finden. Für Lebensmittel, deren Zuordnung unklar war, gab es eine standardisierte Liste, wie diese Lebensmittel in PRODI® einzustufen sind. Wenige sehr schwierig einzuordnende Lebensmittel wurden mit Hilfe der examinierten Diätassistentin M. Hausmann zusammen besprochen und nach einem Rezepturvorschlag eingegeben. Wenn Portions- und Standardgrößen angegeben waren, wurden diese anhand der „Mengenlehre für die Küche“ von der Union Deutscher Lebensmittelwerke GmbH (Union Deutsche Lebensmittelwerke GmbH 1995) in Grammangaben umgewandelt.

Anschließend wurden mit Hilfe von PRODI® die Verzehrsmenge, Energieaufnahme und Energiedichte der teilnehmenden Personen berechnet und in gleicher Weise zudem die tägliche Zufuhr folgender 21 Vitamine und Mineralstoffe ermittelt: Eisen, Jod, Zink, Natrium, Kalium, Calcium, Phosphor, Magnesium, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Folat, Pantothensäure, Biotin, Vitamin B₁₂, Vitamin C, β -Carotin, Vitamin D, Vitamin E und Vitamin K. Die so errechneten Werte wurden in Microsoft WORD-Dokumente umgewandelt, in Papierform ausgedruckt und anschließend manuell in eine Tabelle des Programms Microsoft EXCEL übertragen. In dieser EXCEL-Tabelle wurden für jeden Mikronährstoff folgende fünf Werte ermittelt. Zum einen wurde die errechnete Gesamtnährstoffaufnahme pro Tag in mg bzw. μ g in die Tabelle eingegeben und daraus der prozentuale Anteil der Gesamtnährstoffaufnahme am D-A-CH-Referenzwert für die Gesamtnährstoffaufnahme ermittelt. Zum anderen wurde eine Nährstoffenergiedichte, worunter man die Nährstoffzufuhr in mg bzw. μ g bezogen auf 100 kcal versteht, in EXCEL errechnet und hierfür der prozentuale Anteil am D-A-CH-Referenzwert für die Nährstoffenergiedichte angegeben. Zuletzt wurde eine Nährstoffmengendichte, d.h. die Mikronährstoffaufnahme in mg bzw. μ g in Bezug auf 100 g in der EXCEL-Tabelle berechnet.

2.2.2 D-A-CH-Referenzwerte

Als Referenzwerte dienen in der vorliegenden Studie die Werte der Gesellschaften für Ernährung in Deutschland (DGE), Österreich (ÖGE) und der Schweiz (SGE), die in „Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr“ durch den Neuer Umschau Buchverlags 2013 veröffentlicht wurden und in empfohlene Zufuhren, Schätzwerte oder Richtwerte gegliedert werden können. Die „empfohlene Zufuhr“ berücksichtigt die physiologischen Veränderungen einzelner Individuen, versucht das Anlegen genügend großer Speicher zu gewährleisten und deckt die Zufuhr von 98 % einer definierten Gruppe der gesunden Bevölkerung ab (DGE et al. 2013). In der vorliegenden Studie trifft diese Bezeichnung auf Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Folat, Vitamin B₁₂, Vitamin C, Calcium, Phosphor, Magnesium, Eisen, Jod und Zink zu. „Schätzwerte“ werden bei Nährstoffen angegeben, bei denen wissenschaftlich noch nicht mit genügend großer Gewissheit von gesicherten Werten ausgegangen werden kann (DGE et al. 2013). In der vorliegenden Studie bezieht sich dies auf die Referenzwerte von β -Carotin, Vitamin D, Vitamin E, Vitamin K, Pantothensäure und Biotin. Einen Sonderfall stellen Natrium und Kalium dadurch dar, da für sie „Schätzwerte für die minimale Zufuhr“ angegeben werden. „Richtwerte“ dienen als Orientierung für einen angemessenen Verzehr, der nicht durch scharfe Grenzen nach oben oder unten festgelegt ist (DGE et al. 2013). Dieser Begriff betrifft in der vorliegenden Studie die Referenzwerte für die Nährstoffenergiedichten.

D-A-CH-Referenzwerte lagen für die Gesamtnährstoffaufnahme für alle und für die Nährstoffenergiedichte nur für einen Teil der Vitamine und Mineralstoffe vor. Für die Mikronährstoffe, für die keine Referenzwerte vorlagen, wurden Werte mit der Hilfe der D-A-CH-Referenzwerte für die Energiezufuhr unter der Annahme eines Physikalischen Aktivität Levels (PAL-Wert) von 1,4 errechnet und in Tabelle 2.2 aufgelistet.

2.2.3 Lebensmittelgruppen

Gemäß der Tabelle 2.3 wurden darüber hinaus in der EXCEL Tabelle die verzehrten Lebensmittel aus den Ernährungsprotokollen in 32 Lebensmittelgruppen eingeordnet. Diese Zuordnung wurde bereits in zahlreichen veröffentlichten Studien genutzt (Schusdziarra et al. 2009, Schusdziarra et al. 2011, Schusdziarra et al. 2012). Um einen Zusammenhang der verzehrten Lebensmittelgruppen und der mit diesen in Verbindung stehen Mikronährstoffaufnahmen fundiert herstellen zu können, wurden zudem die wichtigsten Lebensmittelquellen für jedes Vitamin und jeden Mineralstoff aus der Souci-Fachmann-Kraut-Tabelle (Souci et al. 2008) ermittelt und in Tabelle 2.4 aufgelistet.

Tabelle 2.2 Gemittelte D-A-CH-Referenzwerte nach Altersgruppen und Geschlecht (Frauen (f) und Männern (m)) (DGE et al. 2013)

Alter		< 35 Jahre		35-50 Jahre		51-64 Jahre		>65 Jahre	
		f	m	f	m	f	m	f	m
Eisen	mg/Tag	15	10	15	10	10	10	10	10
	mg/100 kcal	0,80	0,40	0,80	0,42	0,59	0,46	0,59	0,50
Jod	µg/Tag	200	200	200	200	180	180	180	180
	µg/100 kcal	10,7	8,2	10,9	8,4	10,1	8,4	10,9	9,2
Zink	mg/Tag	7	10	7	10	7	10	7	10
	mg/100 kcal	0,38	0,40	0,38	0,42	0,38	0,46	0,42	0,50
Natrium	mg/Tag	550	550	550	550	550	550	550	550
	mg/100 kcal	28,9	22,4	28,9	22,9	30,6	25,0	34,4	27,5
Kalium	mg/Tag	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	mg/100 kcal	105	82	105	83	111	91	125	100
Calcium	mg/Tag	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	mg/100 kcal	52,6	40,8	52,6	41,7	55,6	45,5	62,5	50
Phosphor	mg/Tag	700	700	700	700	700	700	700	700
	mg/100 kcal	36,8	28,6	36,8	29,2	38,9	31,8	43,8	35,0
Magnesium	mg/Tag	305	375	300	350	300	350	300	350
	mg/100 kcal	15,9	15,1	15,9	14,2	17,2	15,9	18,0	17,6
Vitamin B₁	mg/Tag	1,0	1,25	1,0	1,2	1,0	1,1	1,0	1,0
	mg/100 kcal	0,053	0,051	0,053	0,050	0,056	0,050	0,063	0,050
Vitamin B₂	mg/Tag	1,2	1,45	1,2	1,4	1,2	1,3	1,2	1,2
	mg/100 kcal	0,063	0,059	0,063	0,058	0,067	0,059	0,075	0,060
Niacin	mg/Tag	13	16,5	13	16,0	13	15,0	13	13,0
	mg/100 kcal	6,84	6,73	6,84	6,67	7,22	6,82	8,13	6,50
Vitamin B₆	mg/Tag	1,2	1,5	1,2	1,5	1,2	1,5	1,2	1,4
	mg/100 kcal	0,063	0,061	0,063	0,063	0,067	0,067	0,071	0,071
Folat	µg/Tag	300	300	300	300	300	300	300	300
	µg/100 kcal	15,8	12,2	15,8	12,5	16,7	13,6	18,8	15
Pantothensäure	mg/Tag	6	6	6	6	6	6	6	6
	mg/100 kcal	0,32	0,24	0,32	0,25	0,33	0,27	0,38	0,30
Biotin	µg/Tag	45	45	45	45	45	45	45	45
	µg/100 kcal	2,4	1,8	2,4	1,9	2,5	2,0	2,8	2,3
Vitamin B₁₂	µg/Tag	3	3	3	3	3	3	3	3
	µg/100 kcal	0,16	0,12	0,16	0,12	0,17	0,14	0,18	0,15
Vitamin C	mg/Tag	100	100	100	100	100	100	100	100
	mg/100 kcal	5,2	3,9	5,4	4,1	5,9	4,6	5,9	5,0
β-Carotin	µg/Tag	4800	6000	4800	6000	4800	6000	4800	6000
	µg /100 kcal	251	239	251	251	276	276	302	302
Vitamin D	µg/Tag	20	20	20	20	20	20	20	20
	µg/100 kcal	1,05	0,81	1,05	0,83	1,11	0,91	1,25	1,00
Vitamin E	mg/Tag	12	14,5	12	14	12	13	11	12
	mg/100 kcal	0,63	0,59	0,63	0,58	0,67	0,59	0,69	0,6
Vitamin K	µg/Tag	60	70	60	70	65	80	65	80
	µg/100 kcal	3,2	2,9	3,2	2,9	3,6	3,6	4,1	4,0

Tabelle 2.3 Zuordnung der Lebensmittel aus den Patientenprotokollen zu 32 Lebensmittelgruppen (Schusdziarra et al. 2009, Schusdziarra et al. 2011)

Brot	Brötchen, Weißbrot, Graubrot, Vollkornbrot, Knäckebrot
Kohlenhydrate	Teigwaren, Reis, Kartoffeln / Kartoffelerzeugnisse; Knödel, sonstige Getreideerzeugnisse
Kuchen	Kuchen / Torten; Kleingebäck: Croissant, Plundergebäck, etc.
Süßigkeiten	Schokolade und Schokoladenerzeugnisse; Zuckerwaren; Knabberien (Nüsse, Chips, Salzstangen, etc.), Kekse
Käse	Weichkäse, Schnitt- und Hartkäse; Fettreicher Frischkäse
Wurstwaren	Leberkäse, Würstchen, (Wiener Würstchen, Weißwürste, etc.); Bratwürste
Fleisch	Rindfleisch; Kalbfleisch, Schweinefleisch; Geflügel; Hackfleisch, sonst. Fleischsorten; Innereien, Fleischersatz (Tofu, etc.)
Aufschnitt	Brühwurst (Bierschinken, Fleischwurst, etc.), Kochwurst (Leberwurst, Blutwurst, etc.), Rohwurst (Salami, Teewurst, etc.)
Obst	Einheimisches Obst (Apfel, Birne, Beeren, etc.), Südfrüchte und Zitrusfrüchte, (Banane, Kiwi, Orange, etc.), Obstkonserven, tiefgefrorenes Obst
Öl	sämtliche Speiseöle
Streichfette	Butter, Margarine, Halbfettbutter, -margarine, sonstige fettreiche Brotaufstriche
Fastfood	Pizza, Burger, etc.
Joghurt	(Frucht-) Joghurt, (Frucht-) Quark
Aufläufe	Süße und pikante Aufläufe
Paniertes	Fleisch, Fisch, sonstiges
Gemüse	Frischgemüse, Gemüsekonserven, Tiefkühlgemüse, Hülsenfrüchte
Süße Aufstriche	Marmelade; Honig, Nussnougatcreme, sonst. süße Aufstriche
Müsli (trocken)	Flocken, Flakes
Fisch	Süß- und Salzwasserfische, Fischerzeugnisse, Fischkonserven
Pommes	Pommes, Kartoffelpuffer, Kroketten
Suppe	Cremesuppe, klare Suppe mit Einlage
Speiseeis	Alle Eissorten
Eier	Weich und hart gekochtes Ei, Rührei, Spiegelei, etc.
Fleischwaren	Schinken, Kalter Braten, Roastbeef, Putenschinken, etc.
Feinkostsalate	Kartoffelsalate, Heringsalate, etc.
Soße	Bratensoße, Helle Soße, Gemüsesoße, etc.
Eintopf	Alle Eintöpfe
Sahne	Sahne, Sauerrahm, Crème fraîche, etc.
Dessert	Pudding, Grütze, Creme, etc.
Quark	Quark (< 20% Fett in der Trockenmasse), Frischkäse, Hüttenkäse, etc.
Trockenobst	
Zucker	

Tabelle 2.4 Hauptquellen für Vitamine und Mineralstoffe in Lebensmitteln (Souci et al. 2008, Biesalski 2010)

Mikronährstoff	Lebensmittel, die den Mikronährstoff enthalten
Eisen	Brot, Fleisch, Wurstwaren, Gemüse
Jod	Fisch, Milch, Eier
Zink	Fleisch, Eier, Milch, Käse
Natrium	Speisesalz, Schmelzkäse, Salami, Salzheringe
Kalium	Obst, Gemüse
Calcium	Milch, Milchprodukte, Brokkoli, Grünkohl, Rucola, Nüsse
Phosphor	Weizenkleie, Milchprodukte, Nüsse
Magnesium	Vollkorngetreideprodukte, Milch und Milchprodukte, Leber, Geflügel, Fisch, Gemüse, Obst
Vitamin B₁	Fleisch, Fisch, Vollkornerzeugnisse, Hülsenfrüchte, Kartoffeln
Vitamin B₂	Milch und Milchprodukte, Fleisch, Eier, Gemüse, Vollkornprodukte
Niacin	Fleisch, Fisch, Milch, Eier, Brot, Kartoffeln
Vitamin B₆	Fleisch, Fisch, Gemüse, Kartoffeln, Bananen, Vollkornprodukte, Sojabohnen
Folat	Gemüse, Hülsenfrüchte, Nüsse, Obst, Vollkornprodukte, Kartoffeln, Leber, Eier
Pantothensäure	Fleisch, Fisch, Milch, Vollkornerzeugnisse, Hülsenfrüchte
Biotin	Leber, Sojabohnen, Eigelb, Nüsse, Haferflocken, Spinat, Champignons, Linsen
Vitamin B₁₂	Fleisch, Fisch, Eier, Milch, Käse
Vitamin C	Obst, Gemüse
β-Carotin	Obst, Gemüse
Vitamin D	Fetteiche Fische (z.B. Hering und Makrele), Leber, Margarine, Eigelb, Pilze
Vitamin E	Weizenkeimöl, Sonnenblumenöl, Maiskeimöl, Rapsöl, Sojaöl, Weizenkeime, Haselnüsse, Margarine
Vitamin K	Gemüse, Milch, Milchprodukte, Fleisch, Eier, Getreide, Obst

2.2.4 Gruppenanalyse

Die EXCEL-Tabelle wurde im Anschluss nach verschiedenen Kriterien sortiert. Zum einem wurden die Gruppen „normalgewichtig“ und „adipös“ gebildet. Da die Daten in der vorliegenden Studie als Ausgangswerte vor einer indizierten Ernährungsumstellung analysiert werden sollen, erfolgte die Einteilung der beiden Gruppen nach Personen mit bzw. ohne einer medizinischer Indikation zum Abnehmen in Anlehnung an die „Indikationen für eine Behandlung übergewichtiger und adipöser Menschen“ in der von Hauner et al. veröffentlichten „Evidenzbasierte Leitlinie zur Prävention und Therapie der Adipositas“ (Hauner 2007). In der vorliegenden Studie werden deshalb Personen als „normalgewichtig“ bezeichnet, die entweder einen BMI kleiner 25 kg/m^2 haben oder einen BMI größer gleich 25 kg/m^2 und kleiner 30 kg/m^2 aufweisen und bei denen zusätzlich keine Komorbidität zu einer der folgenden Erkrankungen vorliegt: Hypertonie, Koronare Herzkrankheit, Hyperlipidämie, Diabetes mellitus und sonstige Erkrankungen. Als „adipös“ werden Personen bezeichnet, die entweder einen BMI größer gleich 25 kg/m^2 und kleiner 30 kg/m^2 haben und bei denen zusätzlich mindestens eine Komorbidität zu einer der oben genannten Erkrankungen vorliegt, sowie Personen, die einen BMI größer gleich 30 kg/m^2 haben. Um eine bessere Vergleichbarkeit der adipösen und normalgewichtigen Gruppe zu gewährleisten, wurden diese mit Hilfe des Gruppenmatchings bezüglich einer gleichen Altersstruktur und eines gleichen Geschlechterverhältnisses gematched. Zum anderen wurden in der vorliegenden Studie Frauen und Männer verglichen. Diese beiden Gruppen wurden mit Hilfe des Gruppenmatchings hinsichtlich des Gewichtes und des Alters gematched.

2.2.5 Vergleich mit der Nationalen Verzehrsstudie II

In Anlehnung an die Nationale Verzehrsstudie II wurden zudem bei beiden Geschlechtern jeweils die vier folgenden Altersgruppen gebildet: 1.) Jünger als 35 Jahre, 2.) 35 bis 50 Jahre, 3.) 51 bis 64 Jahre und 4.) älter als 65 Jahre. Dies sind weniger Altersgruppen als in der Nationalen Verzehrsstudie II, da bei Übernahme der exakt gleichen Altersspannen die Anzahl der Personen pro Gruppe zu klein für statistisch belastbare Vergleiche gewesen wäre (Max Rubner-Institut 2008).

2.2.6 Intraindividuelles Ranking der Verzehrstage

Des Weiteren wurde eine intraindividuelle Analyse exemplarisch für die folgenden vier Mikronährstoffe erstellt: das wasserlösliche Vitamin C, das fettlösliche Vitamin D, das Mengenelement Calcium und das Spurenelement Zink. Diese Mikronährstoffe stellen im weitesten Sinne alle knochenrelevante Mikronährstoffe dar (Gröber 2012). Die zehn protokollierten Tage jedes Individuums, die zu Beginn in chronologischer Reihenfolge vorlagen, wurden dafür in aufsteigender Reihenfolge in der Höhe der Nährstoffzufuhr des ausgewählten Vitamins und Mineralstoffes neu geordnet. Der Tag mit der geringsten Aufnahme des Mikronährstoffes wurde als neuer Tag 1, der Tag mit der höchsten Mikronährstoffaufnahme wurde als neuer Tag 10 bezeichnet. Die einzelnen Tage aller Individuen wurden anschließend zusammengefasst und ausgewertet.

Dadurch können Tag-zu-Tag-Schwankungen zwischen den zehn einzelnen Tagen analysiert und gegebenenfalls Abhängigkeiten anderer Parameter besser erkannt werden. Für jeden dieser neu sortierten Tage wurden folgende Parameter betrachtet: die Gesamtnährstoffaufnahme pro Tag, deren prozentualer Anteil am D-A-CH-Referenzwert für die Gesamtnährstoffaufnahme, die Nährstoffenergiedichte, deren prozentualer Anteil am D-A-CH-Referenzwert für die Nährstoffenergiedichte und die Nährstoffmengendichte. Zudem wurden die mit der Neusortierung im Zusammenhang stehenden Veränderungen der Verzehrsmengen, der Energieaufnahmen, der Zufuhr anderer Vitamine und Mineralstoffe und des Verzehrs der 32 Lebensmittelgruppen ermittelt.

2.3 Statistische Analysen

In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass die Verzehrsdaten der Studienteilnehmer aus einer normalverteilten Grundgesamtheit hervorgehen. Für die verschiedenen Analysen wurden aus diesen erhobenen und ausgewerteten Daten Mittelwerte (MW) und Standardfehler (SEM) errechnet, welche in den Tabellen des Ergebnisteils angegeben sind. Der SEM gibt dabei die theoretische Streubreite an und sagt somit etwas über die Genauigkeit des Mittelwerts in der Stichprobe aus (Koschack 2008). Die weitere statistische Auswertung erfolgte mittels zweiseitigen t-Test. Da es sich beim Vergleich der Mittelwerte der verschiedenen Gruppen um unabhängige Stichproben handelt, wurde hierfür der t-Test für unverbundene Stichproben verwendet; hingegen handelt es sich beim intraindividuellen Vergleich um verbundene Stichproben, weshalb diesbezüglich die Auswertung mittels t-Test für verbundene Stichproben erfolgte (Weiß 2013).

Bevor die Gruppen mittels t-Test analysiert wurden, erfolgte bereits ein sogenanntes Matching, spezifischer gesagt ein Gruppenmatching. Dies bedeutet, dass beim Vergleich der Mittelwerte zweier Gruppen die Kontrollgruppe so ausgewählt wird, dass die Häufigkeitsverteilungen von bestimmten Merkmalen, wie z. B. Alter, Geschlecht und BMI der beiden Gruppen annähernd identisch sind (Weiß 2013). In der vorliegenden Studie wurde dementsprechend bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Gruppen jeweils ein Teil der Studienteilnehmer weggelassen, um Gruppen mit einer ähnlichen Zusammensetzung für eine statistisch sinnvolle Auswertung zu bilden. Beim Vergleich der Adipösen und Normalgewichtigen erfolgte ein Matching nach Alter und Geschlecht, beim Vergleich der Frauen und Männer ein Matching nach Alter und BMI.

Das Signifikanzniveau (p) wurde bei den beschriebenen statistischen Tests auf $p \leq 0,05$ festgesetzt. Bei multiplen Vergleichen musste dieses Signifikanzniveau jedoch nach Bonferroni korrigiert werden. Für den Vergleich der vier verschiedenen Altersgruppen wurde das Signifikanzniveau nach Bonferroni auf $p \leq 0,016$ und für die Gegenüberstellung der zehn nach der Höhe der Nährstoffaufnahme sortierten Tage nach Bonferroni auf $p \leq 0,005$ korrigiert.

3 Ergebnisse

3.1 Gesamte Studienteilnehmer

Insgesamt werden in der vorliegenden Studie 4790 Ernährungsprotokolle von 479 Personen im Alter zwischen 18 und 89 Jahren analysiert. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer beträgt $50 \pm 0,2$ Jahre und der durchschnittliche BMI beläuft sich auf $33 \pm 0,2$ kg/m². Ausgewertet werden 321 Frauen, was einem Anteil von 67 % entspricht und 158 Männer, die 33 % der Gesamtteilnehmer ausmachen. Der durchschnittlichen Wert für die Verzehrsmenge beträgt $1014 \pm 5,4$ g, für die Energieaufnahme $1610 \pm 4,1$ kcal und für die Energiedichte $1,7 \pm 0,01$ kcal/g pro Tag. Vergleicht man in Tabelle 3.1 die beiden Geschlechter, sind sowohl bei dem durchschnittlichen Alter als auch dem durchschnittlichen BMI keine signifikanten Unterschiede zu erkennen. Dagegen sind die Verzehrsmenge, die Energieaufnahme und die Energiedichte der Frauen signifikant niedriger als die der Männer.

Tabelle 3.1 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten aller Studienteilnehmer stratifiziert nach Geschlecht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Frauen)

	Alle	Frauen	Männer
n	479	321	158
Alter (Jahre)	$50 \pm 0,2$	$50 \pm 0,3$	$51 \pm 0,4$
BMI (kg/m ²)	$33 \pm 0,2$	$32 \pm 0,2$	$33 \pm 0,3$
Verzehrsmenge (g/d)	$1014 \pm 5,4$	$970 \pm 6,0$	$1104 \pm 10,6^*$
Energieaufnahme (kcal/d)	$1610 \pm 4,1$	$1506 \pm 9,5$	$1819 \pm 18,6^*$
Energiedichte (kcal/(g*d))	$1,7 \pm 0,01$	$1,6 \pm 0,01$	$1,7 \pm 0,01^*$

Von den insgesamt 479 Personen können zudem 204 Personen der Gruppe „normalgewichtig“ und 275 Personen der Gruppe „adipös“ zugeordnet werden. Bezüglich des Geschlechterverhältnisses sind zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede zu erkennen. Das durchschnittliche Alter ist in der adipösen Gruppe allerdings signifikant höher als in der normalgewichtigen Gruppe. In Bezug auf die Verzehrsmenge sind keine Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Die Energieaufnahme und die Energiedichte sind in der adipösen Gruppe jedoch signifikant niedriger als in der normalgewichtigen Gruppe, wie in Tabelle 3.2 zu erkennen ist.

Tabelle 3.2 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten aller Studienteilnehmer stratifiziert nach BMI (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig)

	Alle	Normalgewichtig	Adipös
n	479	204	275
Frauen	321	138	183
Männer	158	66	92
Frauenanteil (%)	67	68	67
Alter (Jahre)	50 \pm 0,2	42 \pm 0,3	57 \pm 0,3*
BMI (kg/m²)	33 \pm 0,2	23 \pm 0,1	40 \pm 0,2*
Verzehrsmenge (g/d)	1014 \pm 5,4	1007 \pm 8,1	1020 \pm 7,2
Energieaufnahme (kcal/d)	1610 \pm 4,1	1665 \pm 13,9	1568 \pm 11,9*
Energiedichte (kcal/(g*d))	1,7 \pm 0,01	1,7 \pm 0,01	1,6 \pm 0,02*

3.2 Mikronährstoffaufnahme bei adipösen und normalgewichtigen Personen

Im Folgenden werden die Verzehrsdaten von adipösen und normalgewichtigen Teilnehmern bezüglich der Zufuhr von 21 Vitaminen und Mineralstoffen verglichen. Für die spätere Auswertung ist dabei von Bedeutung, dass die Daten der adipösen Gruppe Ausgangswerte vor einem Gewichtsreduktionsprogramm darstellen. Um statistisch aussagekräftige Werte zu gewährleisten, wurden die beiden Gruppen „adipös“ und „normalgewichtig“ nach Alter und Geschlecht gematched.

Bei der Gegenüberstellung dieser Gruppen sind keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Verzehrsmenge, die Energieaufnahme und die Energiedichte zu erkennen, wie aus Tabelle 3.3 ablesbar ist. Aus diesem Grund wird angenommen, dass sich die Gesamtaufnahme beim Vergleich der beiden Gruppen in gleicher Weise wie die Nährstoffenergie- und die Nährstoffmengendichte verhält. Im Folgenden wird deshalb nur auf die Unterschiede bezüglich der Gesamtaufnahme der Mikronährstoffe eingegangen.

Tabelle 3.3 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrsdaten zwischen Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig)

	Normalgewichtig	Adipös
N	158	158
Frauen	106	106
Männer	52	52
Alter (Jahre)	47 \pm 0,2	47 \pm 0,3
BMI (kg/m²)	23 \pm 0,1	41 \pm 0,3*
Verzehrmenge (g/d)	1040 \pm 9,3	1025 \pm 10,1
Energieaufnahme (kcal/d)	1691 \pm 15,8	1665 \pm 16,9
Energiedichte (kcal/(g*d))	1,7 \pm 0,01	1,7 \pm 0,01

Der Vergleich der Zufuhr der Spurenelemente der beiden Gruppen in Tabelle 3.4 zeigt, dass die adipöse Gruppe weniger Eisen als die normalgewichtige Gruppe verzehrt. Keine Unterschiede sind jedoch bezüglich der Zufuhr von Jod und Zink ermittelbar. Die D-A-CH-Referenzwerte werden von beiden Gruppen für Zink deutlich überschritten und für Eisen unterschritten. Für Jod besteht für beide Gruppen aufgrund eines Anteils am Referenzwert von etwa 30 % ein klares Defizit.

Tabelle 3.4 Aufnahme von Spurenelementen bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Normalgewichtig	Adipös
Eisen	mg/Tag	9,3 \pm 0,24	8,3 \pm 0,11*
	% des Ref ₁	79 \pm 2,5	73 \pm 1,1*
	mg/100 kcal	0,58 \pm 0,011	0,54 \pm 0,008*
	% des Ref ₂	98 \pm 2,7	93 \pm 1,5
	mg/100 g	0,93 \pm 0,019	0,86 \pm 0,011*
Jod	μ g/Tag	64 \pm 1,5	60 \pm 2,1
	% des Ref ₁	33 \pm 0,8	31 \pm 1,1
	μ g/100 kcal	4,0 \pm 0,11	3,8 \pm 0,13
	% des Ref ₂	41 \pm 1,2	40 \pm 1,4
	μ g/100 g	6,4 \pm 0,20	6,2 \pm 0,20
Zink	mg/Tag	8,3 \pm 0,22	8,4 \pm 0,17
	% des Ref ₁	104 \pm 2,3	105 \pm 2,3
	mg/100 kcal	0,51 \pm 0,010	0,53 \pm 0,009
	% des Ref ₂	129 \pm 2,5	132 \pm 2,3
	mg/100 g	0,83 \pm 0,017	0,86 \pm 0,015

Hinsichtlich der Aufnahme von Mengenelementen verzehrt die adipöse Gruppe mehr Natrium und weniger Kalium, Calcium und Magnesium als die normalgewichtige Gruppe, wie aus Tabelle 3.5 ersichtlich ist. Beim Verzehr von Phosphor ist kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen festzustellen. Die D-A-CH-Referenzwerte für Natrium, Kalium und Phosphor werden von beiden Gruppen überschritten. Die Aufnahme von Calcium und Magnesium liegt jedoch unter den von der DGE, ÖGE und SGE empfohlenen Zufuhrmengen.

Tabelle 3.5 Aufnahme von Mengenelementen bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Normalgewichtig	Adipös
Natrium	mg/Tag	2207 \pm 33,9	2463 \pm 39,6*
	% des Ref ₁	401 \pm 6,2	448 \pm 7,2*
	mg/100 kcal	135 \pm 1,8	151 \pm 2,0*
	% des Ref ₂	499 \pm 7,0	557 \pm 7,9*
	mg/100 g	228 \pm 4,0	254 \pm 3,8*
Kalium	mg/Tag	2029 \pm 22,5	1831 \pm 23,7*
	% des Ref ₁	101 \pm 1,1	92 \pm 1,2*
	mg/100 kcal	129 \pm 1,7	118 \pm 1,5*
	% des Ref ₂	130 \pm 1,9	118 \pm 1,6*
	mg/100 g	200 \pm 3,4	182 \pm 1,9*
Calcium	mg/Tag	559 \pm 10,3	484 \pm 9,2*
	% des Ref ₁	56 \pm 1,0	48 \pm 0,9*
	mg/100 kcal	34 \pm 0,6	30 \pm 0,6*
	% des Ref ₂	69 \pm 1,2	62 \pm 1,2*
	mg/100 g	55 \pm 1,1	50 \pm 1,0*
Phosphor	mg/Tag	975 \pm 11,6	1048 \pm 70,6
	% des Ref ₁	139 \pm 1,7	150 \pm 10,1
	mg/100 kcal	60 \pm 0,6	65 \pm 4,0
	% des Ref ₂	174 \pm 1,8	187 \pm 10,6
	mg/100 g	98 \pm 1,1	108 \pm 7,5
Magnesium	mg/Tag	234 \pm 11,6	191 \pm 2,5*
	% des Ref ₁	74 \pm 3,9	60 \pm 0,8*
	mg/100 kcal	15 \pm 0,9	12 \pm 0,2*
	% des Ref ₂	94 \pm 5,3	77 \pm 1,0*
	mg/100 g	24 \pm 1,6	19 \pm 0,2*

Bei der Analyse der wasserlöslichen Vitamine in Tabelle 3.6 ist festzustellen, dass die adipöse Gruppe mehr Vitamin B₁₂ und weniger Folat und Biotin als die normalgewichtige Gruppe verzehrt. Kein Unterschied ist hingegen bei den Zufuhren von Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Pantothersäure und Vitamin C zwischen den Gruppen erkennbar. Die D-A-CH-Referenzwerte der Nährstoffenergiedichte werden von beiden Gruppen für Vitamin B₁, Vitamin B₂, Vitamin B₆, Niacin, Vitamin B₁₂ und Vitamin C überschritten. Die Zufuhren von Folat, Pantothersäure und Biotin unterschreiten jedoch bei beiden Gruppen die Referenzwerte.

Tabelle 3.6 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Normalgewichtig	Adipös
Vitamin B₁	mg/Tag	0,95 \pm 0,015	0,98 \pm 0,017
	% des Ref ₁	89 \pm 1,4	92 \pm 1,6
	mg/100 kcal	0,058 \pm 0,0008	0,061 \pm 0,0010*
	% des Ref ₂	110 \pm 1,6	116 \pm 2,0*
	mg/100 g	0,094 \pm 0,0014	0,10 \pm 0,002*
Vitamin B₂	mg/Tag	1,0 \pm 0,01	0,98 \pm 0,017
	% des Ref ₁	80 \pm 1,0	78 \pm 1,3
	mg/100 kcal	0,063 \pm 0,0008	0,063 \pm 0,0013
	% des Ref ₂	101 \pm 1,4	101 \pm 2,2
	mg/100 g	0,10 \pm 0,002	0,10 \pm 0,002
Niacin	mg/Tag	22 \pm 0,3	23 \pm 0,4
	% des Ref ₁	159 \pm 2,0	164 \pm 2,5
	mg/100 kcal	1,4 \pm 0,02	1,5 \pm 0,02*
	% des Ref ₂	202 \pm 2,9	211 \pm 3,2*
	mg/100 g	2,3 \pm 0,05	2,4 \pm 0,04
Vitamin B₆	mg/Tag	1,2 \pm 0,02	1,2 \pm 0,02
	% des Ref ₁	91 \pm 1,2	93 \pm 1,4
	mg/100 kcal	0,075 \pm 0,0010	0,078 \pm 0,0011*
	% des Ref ₂	116 \pm 1,6	120 \pm 1,8
	mg/100 g	0,12 \pm 0,001	0,12 \pm 0,002*
Folat	μ g/Tag	168 \pm 2,3	161 \pm 2,8*
	% des Ref ₁	56 \pm 0,8	54 \pm 0,9*
	μ g/100 kcal	11 \pm 0,2	11 \pm 0,2
	% des Ref ₂	71 \pm 1,1	71 \pm 1,5
	μ g/100 g	16 \pm 0,3	16 \pm 0,3
Pantothensäure	mg/Tag	3,3 \pm 0,04	3,5 \pm 0,25
	% des Ref ₁	54 \pm 0,7	58 \pm 4,1
	mg/100 kcal	0,20 \pm 0,002	0,22 \pm 0,012
	% Ref ₂	68 \pm 0,9	75 \pm 4,8
	mg/100 g	0,32 \pm 0,004	0,36 \pm 0,030
Biotin	μ g/Tag	34 \pm 1,5	29 \pm 0,5*
	% des Ref ₁	75 \pm 3,4	64 \pm 1,2*
	μ g/100 kcal	2,1 \pm 0,08	1,9 \pm 0,04*
	% Ref ₂	94 \pm 3,5	84 \pm 2,0*
	μ g/100 g	3,3 \pm 0,18	3,0 \pm 0,06*
Vitamin B₁₂	μ g/Tag	4,4 \pm 0,13	5,0 \pm 0,21*
	% des Ref ₁	146 \pm 4,2	166 \pm 7,0*
	μ g/100 kcal	0,27 \pm 0,008	0,32 \pm 0,019*
	% des Ref ₂	184 \pm 5,4	221 \pm 14,2*
	μ g/100 g	0,43 \pm 0,011	0,53 \pm 0,028*
Vitamin C	mg/Tag	79 \pm 1,7	80 \pm 2,0
	% des Ref ₁	79 \pm 1,7	80 \pm 2,0
	mg/100 kcal	5,2 \pm 0,12	5,3 \pm 0,15
	% des Ref ₂	102 \pm 2,3	104 \pm 2,9
	mg/100 g	7,4 \pm 0,13	7,8 \pm 0,19

Zudem ist ein geringerer Verzehr der adipösen Gruppe von β -Carotin, Vitamin E und Vitamin K im Vergleich zur normalgewichtigen Gruppe festzustellen, wie aus der Tabelle 3.7 ableitbar ist. Die Höhe der Vitamin-D-Aufnahme ist in beiden Gruppen in Bezug auf die Gesamtaufnahme nicht signifikant unterschiedlich. Die D-A-CH-Referenzwerte werden von beiden Gruppen für Vitamin K überschritten und für β -Carotin und Vitamin E unterschritten. Mit einem Anteil von $15 \pm 1,0$ % bei den Adipösen und $13 \pm 0,7$ % bei den Normalgewichtigen an den Referenzwerten für die Gesamtnährstoffaufnahme stellt Vitamin D das Vitamin dar, für welches das größte Defizit in der vorliegenden Studie besteht.

Tabelle 3.7 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Normalgewichtig	Adipös
β-Carotin	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	$2765 \pm 108,4$	$2287 \pm 90,1^*$
	% des Ref ₁	$54 \pm 2,2$	$45 \pm 1,8^*$
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	$186 \pm 8,3$	$158 \pm 6,7^*$
	% des Ref ₂	$72 \pm 3,3$	$60 \pm 2,5^*$
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	$254 \pm 8,8$	$217 \pm 7,9^*$
Vitamin D	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	$2,5 \pm 0,14$	$3,0 \pm 0,20$
	% des Ref ₁	$13 \pm 0,7$	$15 \pm 1,0$
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	$0,15 \pm 0,009$	$0,19 \pm 0,012^*$
	% des Ref ₂	$16 \pm 0,9$	$19 \pm 1,2^*$
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	$0,24 \pm 0,012$	$0,30 \pm 0,019^*$
Vitamin E	mg/Tag	$9,6 \pm 0,17$	$8,3 \pm 0,17^*$
	% des Ref ₁	$77 \pm 1,4$	$66 \pm 1,3^*$
	$\text{mg}/100 \text{ kcal}$	$0,60 \pm 0,011$	$0,52 \pm 0,010^*$
	% des Ref ₂	$96 \pm 1,7$	$84 \pm 1,6^*$
	$\text{mg}/100 \text{ g}$	$0,96 \pm 0,018$	$0,84 \pm 0,016^*$
Vitamin K	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	$157 \pm 3,6$	$129 \pm 3,8^*$
	% des Ref ₁	$245 \pm 5,7$	$197 \pm 5,8^*$
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	$10 \pm 0,3$	$8,8 \pm 0,29^*$
	% des Ref ₂	$313 \pm 8,3$	$264 \pm 8,7^*$
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	$15 \pm 0,3$	$13 \pm 0,4^*$

Betrachtet man ergänzend zu den Zufuhren der Mikronährstoffe die Lebensmittelgruppen in Tabelle 3.8, so verzehrt die adipöse Gruppe mehr Eintopf, Feinkostsalate, Fisch, Fleisch, Käse, Pommes, Quark und Aufschnitt als die normalgewichtige Gruppe. Mengenmäßig ist hier der größte Unterschied beim Fleisch festzustellen. Ebenso gibt es größere Unterschiede der Mengenaufnahme bei Eintopf, Suppen und Feinkostsalaten. Im Gegensatz dazu verzehren die Adipösen weniger Dessert, Kuchen, süße Aufstriche, Müsli, Obst, Soße, Streichfett und Suppe als die Normalgewichtigen. Betrachtet man hierbei die tatsächlichen Grammangaben, so ist der Unterschied bei Kuchen und Obst am Größten.

Tabelle 3.8 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) der verschiedenen Lebensmittelgruppen bei Normalgewichtigen und Adipösen gematched nach Alter und Geschlecht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Normalgewichtig). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test ein p- Wert \leq 0,05 auftritt.

	Normalgewichtig	Adipös
Dessert	17 \pm 1,5	9,9 \pm 1,12*
Eintopf	9,8 \pm 1,68	23 \pm 2,4*
Feinkostsalate	7,9 \pm 0,96	20 \pm 1,7*
Fisch	17 \pm 1,3	22 \pm 1,6*
Fleisch	47 \pm 2,1	71 \pm 2,8*
Kuchen	75 \pm 2,6	38 \pm 1,9*
Käse	26 \pm 1,0	32 \pm 1,2*
Süße Aufstriche	12 \pm 0,4	7,2 \pm 0,37*
Müsli	13 \pm 0,9	3,7 \pm 0,41*
Obst	136 \pm 4,3	120 \pm 4,2*
Pommes	6,8 \pm 0,84	9,8 \pm 1,06*
Quark	6,0 \pm 0,77	14 \pm 1,3*
Soße	24 \pm 1,4	15 \pm 1,1*
Streichfett	11 \pm 0,4	9,6 \pm 0,42*
Suppe	49 \pm 3,2	37 \pm 2,9*
Aufschnitt	15 \pm 0,8	25 \pm 1,4*

Abschließend gibt die Abbildung 3.1 eine graphische Übersicht über den prozentualen Anteil an den D-A-CH-Referenzwerten aller in diesem Kapitel betrachteten Mikronährstoffe und vergleicht dabei die normalgewichtige mit der adipösen Gruppe. Die Vitamine und Mineralstoffe sind hierbei aufsteigend nach der Höhe des prozentualen Anteils an den Referenzwerten geordnet. Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, dass die Zufuhren von Vitamin D, Jod, β -Carotin, Calcium, Folat, Pantothersäure, Magnesium und Biotin sowohl in der adipösen als auch der normalgewichtigen Gruppe unter den Referenzwerten liegen. Jedoch fallen insgesamt die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen nur geringfügig aus.

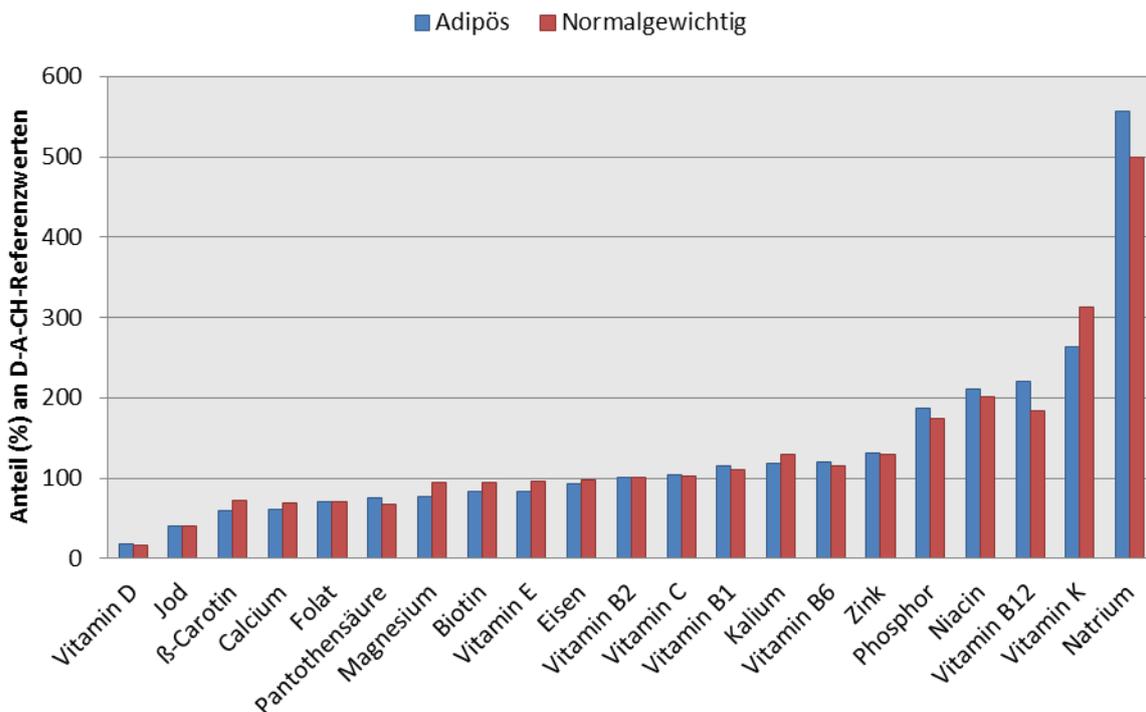


Abbildung 3.1 Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Nährstoffenergiedichte von Normalgewichtigen und Adipösen

Zusammenfassend wird von der adipösen Gruppe weniger Eisen, Kalium, Calcium, Magnesium, Folat, Biotin, β -Carotin, Vitamin E und Vitamin K als von der normalgewichtigen Gruppe aufgenommen. Eine höhere Aufnahme besteht lediglich für Natrium und Vitamin B₁₂. Ein Defizit, d. h. eine Zufuhr von unter 80 % des Referenzwertes der Nährstoffenergiedichte, besteht bei den adipösen Teilnehmern für Jod, Calcium, Magnesium, Folat, Pantothersäure, β -Carotin und Vitamin D. Summa summarum wird sowohl das Kriterium „geringerer Verzehr der Adipösen“, als auch das Kriterium „deutliche Unterschreitung der Referenzwerte“ von den vier Mikronährstoffen Calcium, Magnesium, Folat und β -Carotin erfüllt.

3.3 Mikronährstoffaufnahme bei Frauen und Männern

Des Weiteren wird in der vorliegenden Studie die Vitamin- und Mineralstoffaufnahme von Frauen und Männern miteinander verglichen. In diesen beiden Gruppen werden also Adipöse und Normalgewichtige jeweils zusammen analysiert. Um auch für die Gruppen der Frauen und Männer eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurden sie nach Alter und Gewicht mit Hilfe des Gruppenmatchings gematched. Der Vergleich der Verzehrdaten in Tabelle 3.9 zeigt, dass die Verzehrsmenge, die Energieaufnahme und die Energiedichte bei den Frauen signifikant niedriger sind als bei den Männern. Aus diesem Grund ist es bei der folgenden Analyse der Mikronährstoffaufnahmen sinnvoll, v. a. auf die Unterschiede der Nährstoffenergiedichten der Mikronährstoffe zu achten.

Tabelle 3.9 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrdaten zwischen Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Frauen)

	Frauen	Männer
N	316	158
Alter (Jahre)	50 \pm 0,3	51 \pm 0,4
BMI (kg/m²)	33 \pm 0,2	33 \pm 0,3
Verzehrsmenge (g/d)	974 \pm 6,0	1104 \pm 10,6*
Energieaufnahme (kcal/d)	1508 \pm 9,5	1819 \pm 18,6*
Energiedichte (kcal/(g*d))	1,6 \pm 0,01	1,7 \pm 0,01*

Beim Vergleich der Aufnahme der Spurenelemente in Tabelle 3.10 zeigt sich, dass die Frauen bezogen auf die Gesamtaufnahme weniger Eisen, Jod und Zink als die Männer verzehren. Im Hinblick auf die Nährstoffenergiedichten sind jedoch bei allen drei Spurenelementen keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Die D-A-CH-Referenzwerte werden in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte für Eisen nur von den Männern, für Zink jedoch von beiden Gruppen überschritten. Ein Defizit besteht bei beiden Geschlechtern für Jod. Die Frauen erreichen den Referenzwert für die Gesamtaufnahme nur zu $30 \pm 0,6 \%$, die Männer nur zu $36 \pm 1,0 \%$.

Tabelle 3.10 Aufnahme von Spurenelementen bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Frauen, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Frauen	Männer
Eisen	mg/Tag	8,3 \pm 0,13	9,9 \pm 0,25*
	% des Ref ₁	68 \pm 1,0	99 \pm 2,5*
	mg/100 kcal	0,58 \pm 0,010	0,57 \pm 0,012
	% des Ref ₂	85 \pm 1,4	130 \pm 2,8*
	mg/100 g	0,88 \pm 0,015	0,94 \pm 0,020*
Jod	µg/Tag	57 \pm 1,2	69 \pm 2,0*
	% des Ref ₁	30 \pm 0,6	36 \pm 1,0*
	µg/100 kcal	3,9 \pm 0,09	4,2 \pm 0,13
	% des Ref ₂	37 \pm 0,8	48 \pm 1,5*
	µg/100 g	6,0 \pm 0,13	6,7 \pm 0,23*
Zink	mg/Tag	7,7 \pm 0,13	9,7 \pm 0,23*
	% des Ref ₁	110 \pm 1,9	97 \pm 2,3*
	mg/100 kcal	0,53 \pm 0,009	0,56 \pm 0,010
	% des Ref ₂	137 \pm 2,5	126 \pm 2,5*
	mg/100 g	0,82 \pm 0,014	0,92 \pm 0,018*

Darüber hinaus verzehren die Frauen bezogen auf die Gesamtaufnahme weniger Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium als die Männer, wie aus Tabelle 3.11 abzulesen ist. In Bezug auf die Nährstoffenergiedichte ist jedoch lediglich bei Natrium eine geringere Aufnahme der Frauen zu verzeichnen. Phosphor wird von den beiden Geschlechtern in gleich hohen Mengen aufgenommen. Die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffenergiedichte werden für Natrium, Kalium und Phosphor von beiden Gruppen überschritten. Eine mangelhafte Zufuhr besteht bei beiden Geschlechtern für Calcium und Magnesium.

Tabelle 3.11 Aufnahme von Mengenelementen bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zur Gruppe Frauen, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Frauen	Männer
Natrium	mg/Tag	2106 \pm 28,1	2844 \pm 43,6*
	% des Ref ₁	383 \pm 5,1	517 \pm 7,9*
	mg/100 kcal	144 \pm 1,6	162 \pm 2,3*
	% des Ref ₂	470 \pm 5,2	667 \pm 9,3*
Kalium	mg/100 g	231 \pm 3,6	274 \pm 4,3*
	mg/Tag	1840 \pm 15,1	2129 \pm 25,5*
	% des Ref ₁	92 \pm 0,8	106 \pm 1,3*
	mg/100 kcal	130 \pm 1,1	127 \pm 1,8
Calcium	% des Ref ₂	117 \pm 1,0	143 \pm 2,0*
	mg/100 g	192 \pm 1,3	200 \pm 3,7*
	mg/Tag	489 \pm 6,6	561 \pm 11,4*
	% des Ref ₁	49 \pm 0,7	56 \pm 1,1*
Phosphor	mg/100 kcal	33 \pm 0,4	32 \pm 0,6
	% des Ref ₂	60 \pm 0,7	73 \pm 1,5*
	mg/100 g	52 \pm 0,7	54 \pm 1,3
	mg/Tag	1152 \pm 132,8	1417 \pm 128,6
Magnesium	% des Ref ₁	165 \pm 19,0	202 \pm 18,4
	mg/100 kcal	77 \pm 7,6	82 \pm 7,4
	% des Ref ₂	193 \pm 17,5	258 \pm 21,3*
	mg/100 g	122 \pm 13,3	134 \pm 11,6
Magnesium	mg/Tag	197 \pm 5,9	230 \pm 3,1*
	% des Ref ₁	65 \pm 2,0	65 \pm 0,9
	mg/100 kcal	14 \pm 0,4	14 \pm 0,2
	% des Ref ₂	83 \pm 2,7	88 \pm 1,4
	mg/100 g	21 \pm 0,8	22 \pm 0,5

Bei der Gegenüberstellung der wasserlöslichen Vitamine in Tabelle 3.12 fällt auf, dass die Frauen in Bezug auf die Gesamtaufnahme weniger Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Folat, Pantothersäure, Biotin und Vitamin B₁₂ als die Männer verzehren. Betrachtet man die Nährstoffenergiedichte, so liegen auch diese Werte bei den Frauen niedriger, mit Ausnahme von Pantothersäure und Biotin, bei denen kein Unterschied und von Folat, bei dem höhere Werte festzustellen sind. Die Vitamin-C-Aufnahme zeigt keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Gesamtaufnahme zwischen den Geschlechtern, jedoch liegen die Werte der Nährstoffenergiedichte der Frauen ($6,2 \pm 0,11$ mg/100 kcal) höher als die der Männer ($5,3 \pm 0,14$ mg/100 kcal). Die D-A-CH-Referenzwerte werden bezogen auf die Nährstoffenergiedichte für Vitamin B₁, Niacin, Vitamin B₆, Vitamin B₁₂ und Vitamin C von beiden Geschlechtern überschritten. Die empfohlene Zufuhr von Vitamin B₂ und Biotin wird nur von den Männern erreicht. Für Folat und Pantothersäure besteht für beide Gruppen eine defizitäre Aufnahme.

Tabelle 3.12 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Frauen, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Frauen	Männer
Vitamin B₁	mg/Tag	0,86 \pm 0,010	1,2 \pm 0,02*
	% des Ref ₁	86 \pm 1,0	105 \pm 1,8*
	mg/100 kcal	0,060 \pm 0,0006	0,069 \pm 0,0011*
	% des Ref ₂	107 \pm 1,1	137 \pm 2,2*
	mg/100 g	0,092 \pm 0,0010	0,11 \pm 0,002*
Vitamin B₂	mg/Tag	0,92 \pm 0,010	1,1 \pm 0,02*
	% des Ref ₁	77 \pm 0,8	85 \pm 1,4*
	mg/100 kcal	0,064 \pm 0,0007	0,067 \pm 0,0012*
	% des Ref ₂	96 \pm 1,1	114 \pm 2,1*
	mg/100 g	0,10 \pm 0,001	0,11 \pm 0,002*
Niacin	mg/Tag	20 \pm 0,2	27 \pm 0,4*
	% des Ref ₁	157 \pm 1,5	179 \pm 2,5*
	mg/100 kcal	1,4 \pm 0,01	1,6 \pm 0,02*
	% des Ref ₂	197 \pm 1,9	238 \pm 3,6*
	mg/100 g	2,2 \pm 0,02	2,6 \pm 0,05*
Vitamin B₆	mg/Tag	1,1 \pm 0,01	1,4 \pm 0,02*
	% des Ref ₁	93 \pm 0,9	94 \pm 1,3
	mg/100 kcal	0,079 \pm 0,0008	0,083 \pm 0,0012*
	% des Ref ₂	119 \pm 1,2	126 \pm 1,8*
	mg/100 g	0,12 \pm 0,001	0,13 \pm 0,002*
Folat	μ g/Tag	164 \pm 1,8	182 \pm 3,0*
	% des Ref ₁	55 \pm 0,6	61 \pm 1,0*
	μ g/100 kcal	12 \pm 0,1	11 \pm 0,2*
	% des Ref ₂	69 \pm 0,8	83 \pm 1,6*
	μ g/100 g	17 \pm 0,2	17 \pm 0,3
Pantothensäure	mg/Tag	3,1 \pm 0,03	3,9 \pm 0,25*
	% des Ref ₁	51 \pm 0,5	65 \pm 4,1*
	mg/100 kcal	0,22 \pm 0,002	0,23 \pm 0,012
	% des Ref ₂	64 \pm 0,7	86 \pm 4,7*
	mg/100 g	0,32 \pm 0,003	0,37 \pm 0,030*
Biotin	μ g/Tag	30 \pm 0,8	34 \pm 0,6*
	% des Ref ₁	67 \pm 1,8	75 \pm 1,4*
	μ g/100 kcal	2,1 \pm 0,05	2,0 \pm 0,04
	% des Ref ₂	84 \pm 1,9	100 \pm 2,2*
	μ g/100 g	3,2 \pm 0,09	3,1 \pm 0,06
Vitamin B₁₂	μ g/Tag	4,4 \pm 0,12	5,9 \pm 0,24*
	% des Ref ₁	145 \pm 4,1	198 \pm 7,9*
	μ g/100 kcal	0,30 \pm 0,009	0,35 \pm 0,018*
	% des Ref ₂	180 \pm 5,5	269 \pm 14,6*
	μ g/100 g	0,47 \pm 0,014	0,55 \pm 0,025*
Vitamin C	mg/Tag	86 \pm 1,4	84 \pm 2,0
	% des Ref ₁	86 \pm 1,4	84 \pm 2,0
	mg/100 kcal	6,2 \pm 0,11	5,3 \pm 0,14*
	% des Ref ₂	111 \pm 2,0	118 \pm 3,0*
	mg/100 g	8,6 \pm 0,14	7,5 \pm 0,16*

Im Hinblick auf die fettlöslichen Vitamine in Tabelle 3.13 ist festzustellen, dass die Frauen bezogen auf die Gesamtaufnahme mehr β -Carotin und weniger Vitamin D, Vitamin E und Vitamin K im Vergleich zu den Männern verzehren. In Bezug auf die Nährstoffenergiedichte sind bei β -Carotin und Vitamin E höhere Werte bei den Frauen verglichen mit den Männern zu ermitteln. Die D-A-CH-Referenzwerte werden von beiden Geschlechtern für Vitamin K überschritten und für β -Carotin, Vitamin D und Vitamin E unterschritten.

Tabelle 3.13 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Frauen, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		Frauen	Männer
β-Carotin	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	2719 \pm 71,4	2418 \pm 88,0*
	% des Ref ₁	57 \pm 1,5	40 \pm 1,5*
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	203 \pm 6,0	157 \pm 6,4*
	% des Ref ₂	75 \pm 2,2	58 \pm 2,4*
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	267 \pm 6,3	215 \pm 7,4*
Vitamin D	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	2,6 \pm 0,11	3,3 \pm 0,21*
	% des Ref ₁	13 \pm 0,6	16 \pm 1,1*
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	0,18 \pm 0,008	0,19 \pm 0,013
	% des Ref ₂	16 \pm 0,7	21 \pm 1,4*
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	0,28 \pm 0,012	0,29 \pm 0,018
Vitamin E	mg/Tag	8,4 \pm 0,11	9,4 \pm 0,19*
	% des Ref ₁	71 \pm 0,9	71 \pm 1,4
	$\text{mg}/100 \text{ kcal}$	0,58 \pm 0,007	0,55 \pm 0,011*
	% des Ref ₂	89 \pm 1,1	94 \pm 1,8*
	$\text{mg}/100 \text{ g}$	0,89 \pm 0,011	0,89 \pm 0,018
Vitamin K	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	135 \pm 2,6	146 \pm 4,0*
	% des Ref ₁	217 \pm 4,1	197 \pm 5,4*
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	9,8 \pm 0,20	9,2 \pm 0,31
	% des Ref ₂	281 \pm 5,9	276 \pm 9,0
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	14 \pm 0,3	13 \pm 0,4

Vergleicht man zuletzt in Tabelle 3.14 die Unterschiede in den Lebensmittelgruppen, so ist ersichtlich, dass Frauen mehr Eis, süße Aufstriche, Obst und Zucker verzehren. Mengenmäßig ist hierbei der größte Unterschied beim Obst festzustellen. Im Gegensatz dazu ist der Verzehr von Brot, Eiern, Fast Food, Fisch, Fleisch/Tofu, Käse, Kohlenhydraten, Wurstwaren, Paniertem, Pommes, Quark, Fleischwaren, Suppen und Aufschnitt bei den Frauen niedriger als bei den Männern. Betrachtet man diesbezüglich die tatsächlichen Grammangaben, so ist der Unterschied bei Brot, Fleisch, Kohlenhydraten und Aufschnitt am Größten.

Tabelle 3.14 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) der verschiedenen Lebensmittelgruppen bei Frauen und Männern gematched nach Alter und Gewicht (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur Gruppe Frauen). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test ein p- Wert \leq 0,05 auftritt.

	Frauen	Männer
Brot	117 \pm 1,4	148 \pm 2,5*
Eier	14 \pm 0,6	17 \pm 1,2*
Eis	6,6 \pm 0,53	4,2 \pm 0,59*
Fast Food	16 \pm 1,2	30 \pm 2,5*
Fisch	17 \pm 0,9	23 \pm 1,7*
Fleisch/Tofu	52 \pm 1,6	77 \pm 3,0*
Käse	27 \pm 0,7	30 \pm 1,2*
Kohlenhydrate	106 \pm 2,2	123 \pm 3,9*
Wurstwaren	18 \pm 0,9	32 \pm 2,0*
Süße Aufstriche	9,9 \pm 0,28	8,3 \pm 0,40*
Obst	137 \pm 3,0	110 \pm 3,9*
Paniertes	9,3 \pm 0,69	14 \pm 1,3*
Pommes	7,2 \pm 0,63	10 \pm 1,1*
Quark	9,9 \pm 0,60	15 \pm 1,5*
Fleischwaren	16 \pm 0,7	22 \pm 1,3*
Suppe	42 \pm 2,1	50 \pm 3,6*
Aufschnitt	16 \pm 0,7	32 \pm 1,6*
Zucker	0,49 \pm 0,055	0,26 \pm 0,056*

Zum Abschluss gibt die Abbildung 3.2 einen Überblick über den prozentualen Anteil an den D-A-CH-Referenzwerten aller betrachteten Mikronährstoffe in aufsteigender Reihenfolge und vergleicht dabei die weiblichen mit den männlichen Studienteilnehmern. Daraus ist ersichtlich, dass die Zufuhren von Vitamin D, Jod, Calcium, Pantothensäure, Folat, β -Carotin und Magnesium sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern unter den D-A-CH-Referenzwerten liegen. Es fällt zudem auf, dass die Frauen bei fast allen Mikronährstoffen einen geringeren Anteil an den Referenzwerten aufweisen als die Männer.

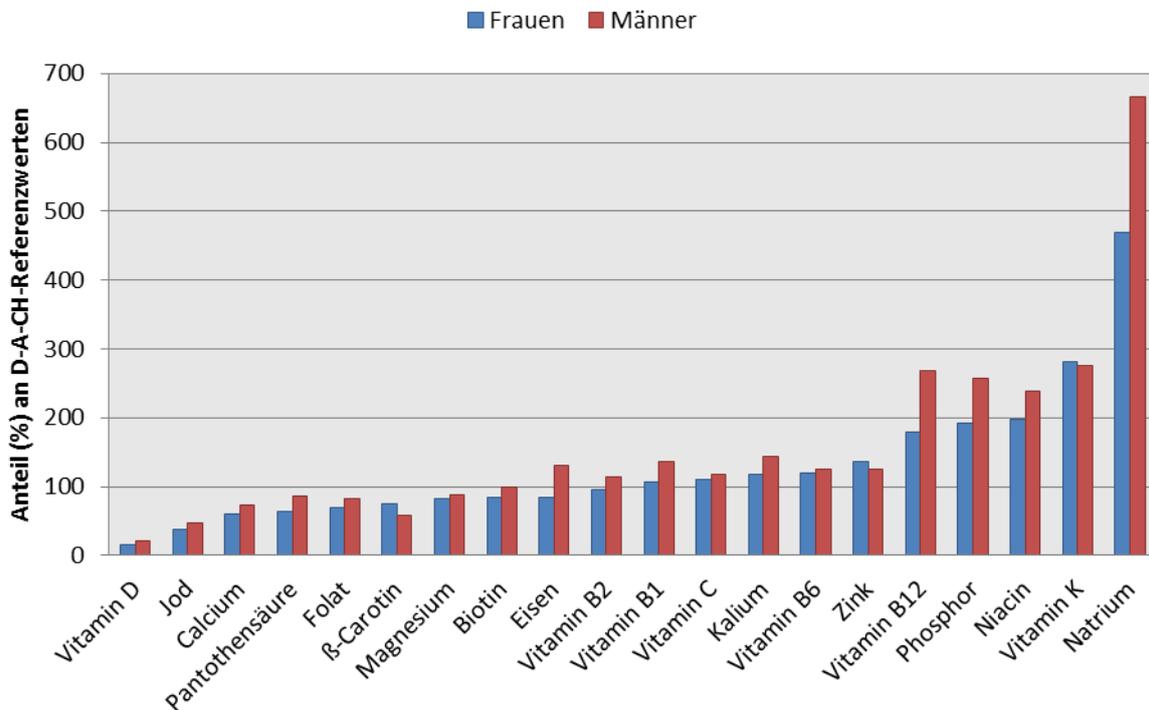


Abbildung 3.2 Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Nährstoffenergiedichte von Frauen und Männern

Insgesamt verzehren die Frauen verglichen mit den Männern in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte weniger Natrium, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆ und Vitamin B₁₂. Im Gegensatz dazu werden Folat, Vitamin C, β -Carotin und Vitamin E in höheren Mengen von den Frauen aufgenommen. Betrachtet man die D-A-CH-Referenzwerte der Nährstoffenergiedichte, so besteht bei beiden Geschlechtern für Jod, Calcium, β -Carotin und Vitamin D und bei den Frauen zusätzlich für Folat und Pantothensäure ein deutliches Defizit.

3.4 Altersabhängigkeit der Mikronährstoffaufnahme bei Frauen

In Anlehnung an die Nationale Verzehrsstudie II erfolgte in der vorliegenden Studie zusätzlich eine Einteilung der Frauen und Männer in jeweils vier verschiedene Altersgruppen (Max Rubner-Institut 2008). Es sind jedoch weniger Gruppen im Vergleich zur NVS II gebildet worden, da bei der Übernahme der exakt gleichen Altersspannen die Anzahl der Personen pro Gruppe zu klein für statistisch belastbare Vergleiche gewesen wäre. Das Signifikanz-Niveau des t-Tests für unabhängige Stichproben wurde beim Vergleich dieser Altersgruppen durch Bonferroni auf $p \leq 0,016$ korrigiert.

Betrachtet man den BMI der vier Altersgruppen der Frauen, so nimmt dieser zur ältesten Gruppe hin zu, wobei zwischen den beiden ältesten Gruppen kein signifikanter Unterschied zu ermitteln ist, wie aus Tabelle 3.15 zu erkennen ist. Eine geringere Verzehrsmenge fällt lediglich bei der Gruppe < 35 Jahre auf. Die Energieaufnahme ist bei den Gruppen < 35 Jahre und > 65 Jahre gleich niedrig. Die zweitgrößte Energieaufnahme ist bei der Gruppe 51-64 Jahre, die größte Energieaufnahme bei der Gruppe 35-50 Jahre festzustellen. Die Energiedichte nimmt zur ältesten Gruppe hin ab, wobei zwischen den zwei jüngsten Gruppen kein Unterschied erkennbar ist.

Tabelle 3.15 Vergleich der demografischen Daten und Verzehrsdaten zwischen verschiedenen Altersgruppen von Frauen (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre)

Alter	< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
n	47	120	76	73
Alter (Jahre)	27 \pm 0,2	43 \pm 0,1 ^a	57 \pm 0,2 ^{a,b}	71 \pm 0,2 ^{a,b,c}
BMI (kg/m²)	27 \pm 0,4	31 \pm 0,4 ^a	35 \pm 0,4 ^{a,b}	36 \pm 0,3 ^{a,b}
Verzehrmenge (g/d)	860 \pm 15,3	989 \pm 9,7 ^a	1000 \pm 12,4 ^a	996 \pm 12,3 ^a
Energieaufnahme (kcal/d)	1395 \pm 23,6	1621 \pm 15,7 ^a	1519 \pm 19,5 ^{a,b}	1385 \pm 18,4 ^{b,c}
Energiedichte (kcal/(g*d))	1,7 \pm 0,03	1,7 \pm 0,01	1,6 \pm 0,02 ^{a,b}	1,4 \pm 0,02 ^{a,b,c}

Beim Vergleich der Spurenelemente der vier Altersgruppen der Frauen in Tabelle 3.16 zeigt sich, dass die Gesamtaufnahme von Eisen, Jod und Zink in annähernd allen Gruppen gleich hoch ist. Auch in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte sind nur geringfügige Unterschiede ermittelbar. Die D-A-CH-Referenzwerte der Nährstoffenergiedichte werden für Zink von allen Gruppen überschritten. Für Eisen sind sie für die zwei jüngeren Gruppen im Vergleich zu den zwei älteren Gruppen deutlich niedriger. Für Jod besteht für alle Altersgruppen ein deutliches Defizit.

Tabelle 3.16 Aufnahme von Spurenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Eisen	mg/Tag	8,3 \pm 0,76	8,2 \pm 0,11	8,4 \pm 1,6	8,2 \pm 0,15
	% des Ref ₁	55 \pm 5,1	55 \pm 0,7	84 \pm 1,6 ^{a,b}	82 \pm 1,5 ^{a,b}
	mg/100 kcal	0,63 \pm 0,062	0,53 \pm 0,007 ^a	0,58 \pm 0,011 ^b	0,62 \pm 0,011 ^{b,c}
	% des Ref ₂	79 \pm 7,7	66 \pm 0,9 ^a	98 \pm 1,9 ^{a,b}	105 \pm 1,8 ^{a,b,c}
	mg/100 g	1,0 \pm 0,09	0,86 \pm 0,011 ^a	0,87 \pm 0,016	0,85 \pm 0,013
Jod	μ g/Tag	53 \pm 2,6	57 \pm 2,1	54 \pm 2,0	61 \pm 3,0
	% des Ref ₁	27 \pm 1,3	29 \pm 1,0	30 \pm 1,1	34 \pm 1,7 ^{a,b}
	μ g/100 kcal	4,0 \pm 0,21	3,7 \pm 0,14	3,7 \pm 0,2	4,6 \pm 0,24 ^{b,c}
	% des Ref ₂	37 \pm 2,0	34 \pm 1,2	37 \pm 1,5	42 \pm 2,2 ^b
	μ g/100 g	6,3 \pm 0,29	5,9 \pm 0,19	5,5 \pm 0,20 ^a	6,4 \pm 0,37
Zink	mg/Tag	8,0 \pm 0,78	7,3 \pm 0,11	7,8 \pm 0,15 ^b	8,0 \pm 0,16 ^b
	% des Ref ₁	115 \pm 11,1	104 \pm 1,6	111 \pm 2,1 ^b	115 \pm 2,3 ^b
	mg/100 kcal	0,59 \pm 0,056	0,47 \pm 0,007 ^a	0,53 \pm 0,009 ^b	0,59 \pm 0,011 ^{b,c}
	% des Ref ₂	156 \pm 14,8	124 \pm 1,8 ^a	141 \pm 2,5 ^b	141 \pm 2,6 ^b
	mg/100 g	0,97 \pm 0,085	0,77 \pm 0,011 ^a	0,82 \pm 0,015 ^b	0,82 \pm 0,015 ^b

Im Hinblick auf die Mengenelemente gibt es zwischen den vier Altersgruppen nahezu keine Unterschiede bezüglich der Gesamtaufnahmen von Natrium, Calcium, Phosphor und Magnesium, wie aus Tabelle 3.17 ersichtlich ist. Auch in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte sind für Calcium, Phosphor und Magnesium keine beträchtlichen Unterschiede zwischen den Altersgruppen festzustellen. Jedoch ist die Nährstoffenergiedichte von Natrium in der ältesten Gruppe signifikant höher als in den drei jüngeren Gruppen. Ebenso ist von Kalium sowohl die Gesamtaufnahme, als auch die Nährstoffenergiedichte in der ältesten Gruppe am höchsten. Die D-A-CH-Referenzwerte werden von allen Gruppen für Natrium, Kalium und Phosphor überschritten und für Calcium und Magnesium unterschritten.

Tabelle 3.17 Aufnahme von Mengenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Natrium	mg/Tag	1785 \pm 61,4	2092 \pm 37,0 ^a	2169 \pm 46,1 ^a	2269 \pm 84,2 ^a
	% des Ref ₁	325 \pm 11,2	380 \pm 6,7 ^a	394 \pm 8,4 ^a	413 \pm 15,3 ^a
	mg/100 kcal	130 \pm 3,3	134 \pm 2,3	146 \pm 2,6 ^{a,b}	167 \pm 4,9 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	451 \pm 11,6	464 \pm 7,8	477 \pm 8,6	485 \pm 14,1
	mg/100 g	222 \pm 6,9	230 \pm 4,8	229 \pm 4,8	241 \pm 11,3
Kalium	mg/Tag	1691 \pm 36,7	1796 \pm 24,5	1854 \pm 31,5 ^a	1992 \pm 31,4 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	85 \pm 1,8	90 \pm 1,2	93 \pm 1,6 ^a	100 \pm 1,6 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	130 \pm 2,9	117 \pm 1,7 ^a	129 \pm 2,1 ^b	152 \pm 2,3 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	123 \pm 2,8	112 \pm 1,6 ^a	116 \pm 1,9	121 \pm 1,9 ^b
	mg/100 g	203 \pm 3,8	184 \pm 2,1 ^a	186 \pm 2,3 ^a	203 \pm 2,4 ^{b,c}
Calcium	mg/Tag	487 \pm 18,1	485 \pm 10,4	498 \pm 13,6	486 \pm 13,4
	% des Ref ₁	49 \pm 1,8	49 \pm 1,0	50 \pm 1,4	49 \pm 1,3
	mg/100 kcal	36 \pm 1,2	31 \pm 0,6 ^a	33 \pm 0,7	35 \pm 0,9 ^b
	% des Ref ₂	68 \pm 2,2	59 \pm 1,2 ^a	59 \pm 1,3 ^a	56 \pm 1,4 ^a
	mg/100 g	60 \pm 2,1	50 \pm 1,0 ^a	51 \pm 1,3 ^a	49 \pm 1,3 ^a
Phosphor	mg/Tag	971 \pm 151,2	862 \pm 11,0	1016 \pm 112,2	1888 \pm 553,5
	% des Ref ₁	139 \pm 21,6	123 \pm 1,6	145 \pm 16,0	270 \pm 79,1
	mg/100 kcal	68 \pm 7,2	56 \pm 0,7 ^a	68 \pm 7,1	125 \pm 31,6 ^b
	% des Ref ₂	186 \pm 19,5	151 \pm 1,9 ^a	176 \pm 18,2	286 \pm 72,1
	mg/100 g	113 \pm 12,3	91 \pm 1,2 ^a	108 \pm 13,6	194 \pm 55,0
Magnesium	mg/Tag	178 \pm 4,0	209 \pm 15,1	191 \pm 3,2 ^a	196 \pm 3,2 ^a
	% des Ref ₁	58 \pm 1,3	70 \pm 5,0	64 \pm 1,1 ^a	65 \pm 1,1 ^a
	mg/100 kcal	14 \pm 0,3	14 \pm 1,1	13 \pm 0,2	15 \pm 0,2 ^{a,c}
	% des Ref ₂	85 \pm 2,0	86 \pm 6,9	76 \pm 1,1 ^a	82 \pm 1,2 ^c
	mg/100 g	22 \pm 0,5	22 \pm 2,0	19 \pm 0,3 ^a	20 \pm 0,3 ^a

Vergleicht man die Zufuhr der wasserlöslichen Vitamine in Tabelle 3.18, so sind in der ältesten Gruppe sowohl die Gesamtaufnahmen als auch die Nährstoffenergiedichten von Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Folat, Pantothersäure, Vitamin B₁₂ und Vitamin C signifikant höher als in den anderen Gruppen. Die Gesamtaufnahme von Vitamin B₁ ist in den zwei älteren Gruppen höher als in den zwei jüngeren Gruppen. In Bezug auf die Nährstoffenergiedichte sind ebenfalls bei Vitamin B₁ und Biotin höhere Werte in der ältesten Gruppe im Vergleich zu den anderen Gruppen ermittelbar. Die D-A-CH-Referenzwerte der Nährstoffenergiedichte von Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Vitamin B₁₂ und Vitamin C werden von nahezu allen Gruppen überschritten. Für Folat, Pantothersäure und Biotin besteht für alle Gruppen der Frauen eine defizitäre Aufnahme.

Tabelle 3.18 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Vitamin B₁	mg/Tag	0,78 \pm 0,023	0,82 \pm 0,014	0,91 \pm 0,021 ^{a,b}	0,93 \pm 0,021 ^{a,b}
	% des Ref ₁	79 \pm 2,3	83 \pm 1,4	91 \pm 2,1 ^{a,b}	93 \pm 2,1 ^{a,b}
	mg/100 kcal	0,059 \pm 0,0015	0,053 \pm 0,0009 ^a	0,062 \pm 0,0013 ^b	0,069 \pm 0,0015 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	111 \pm 2,9	101 \pm 1,7 ^a	110 \pm 2,4 ^b	110 \pm 2,5 ^b
	mg/100 g	0,10 \pm 0,003	0,087 \pm 0,0015 ^a	0,094 \pm 0,0022 ^b	0,10 \pm 0,002 ^b
Vitamin B₂	mg/Tag	0,85 \pm 0,027	0,88 \pm 0,014	0,93 \pm 0,020	1,0 \pm 0,03 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	71 \pm 2,2	73 \pm 1,2	77 \pm 1,6	85 \pm 2,1 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	0,063 \pm 0,0017	0,057 \pm 0,0009 ^a	0,064 \pm 0,0015 ^b	0,076 \pm 0,0019 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	100 \pm 2,7	91 \pm 1,5 ^a	96 \pm 2,2	102 \pm 2,5 ^b
	mg/100 g	0,10 \pm 0,003	0,093 \pm 0,0016 ^a	0,10 \pm 0,002	0,10 \pm 0,02 ^b
Niacin	mg/Tag	18 \pm 0,5	20 \pm 0,3 ^a	21 \pm 0,4 ^a	23 \pm 0,5 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	140 \pm 3,6	151 \pm 2,4 ^a	159 \pm 3,0 ^a	177 \pm 3,5 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	1,4 \pm 0,03	1,3 \pm 0,02 ^a	1,4 \pm 0,03 ^b	1,7 \pm 0,03 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	201 \pm 5,0	186 \pm 3,0 ^a	197 \pm 3,7 ^b	213 \pm 4,1 ^{b,c}
	mg/100 g	2,2 \pm 0,05	2,1 \pm 0,03 ^a	2,1 \pm 0,04	2,4 \pm 0,05 ^{b,c}
Vitamin B₆	mg/Tag	1,0 \pm 0,03	1,1 \pm 0,02 ^a	1,1 \pm 0,02 ^a	1,2 \pm 0,02 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	84 \pm 2,3	91 \pm 1,4 ^a	95 \pm 1,9 ^a	103 \pm 1,9 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	0,076 \pm 0,0020	0,071 \pm 0,0012	0,078 \pm 0,0015 ^b	0,094 \pm 0,0018 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	120 \pm 3,2	113 \pm 1,9	117 \pm 2,2	132 \pm 2,5 ^{a,b,c}
	mg/100 g	0,12 \pm 0,003	0,11 \pm 0,002	0,12 \pm 0,002	0,13 \pm 0,002 ^{b,c}
Folat	µg/Tag	151 \pm 4,3	153 \pm 2,7	167 \pm 4,0 ^{a,b}	186 \pm 4,2 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	50 \pm 1,4	51 \pm 0,9	56 \pm 1,4 ^{a,b}	62 \pm 1,4 ^{a,b,c}
	µg/100 kcal	11 \pm 0,3	10 \pm 0,2 ^a	12 \pm 0,3 ^b	14 \pm 0,3 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	72 \pm 2,0	63 \pm 1,2 ^a	71 \pm 1,8 ^b	76 \pm 1,8 ^b
	µg/100 g	18 \pm 0,5	16 \pm 0,3 ^a	17 \pm 0,4 ^b	19 \pm 0,4 ^{b,c}
Pantothensäure	mg/Tag	2,7 \pm 0,08	3,0 \pm 0,05 ^a	3,1 \pm 0,06 ^a	3,4 \pm 0,07 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	45 \pm 1,3	49 \pm 0,8 ^a	52 \pm 1,0 ^a	57 \pm 1,2 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	0,21 \pm 0,006	0,19 \pm 0,003	0,21 \pm 0,004 ^b	0,26 \pm 0,006 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	65 \pm 1,8	61 \pm 1,0	65 \pm 1,3 ^b	69 \pm 1,6 ^b
	mg/100 g	0,32 \pm 0,008	0,31 \pm 0,004	0,32 \pm 0,006	0,35 \pm 0,007 ^{a,b,c}
Biotin	µg/Tag	28 \pm 0,9	30 \pm 2,0	29 \pm 0,6	33 \pm 0,8 ^{a,c}
	% des Ref ₁	62 \pm 2,0	67 \pm 4,4	65 \pm 1,4	73 \pm 1,8 ^{a,c}
	µg/100 kcal	2,1 \pm 0,06	2,0 \pm 0,11	2,0 \pm 0,04	2,5 \pm 0,06 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	88 \pm 2,7	81 \pm 4,5	80 \pm 1,7 ^a	89 \pm 2,2 ^c
	µg/100 g	3,3 \pm 0,09	3,2 \pm 0,23	3,0 \pm 0,06 ^a	3,3 \pm 0,08 ^c
Vitamin B₁₂	µg/Tag	3,6 \pm 0,34	3,8 \pm 0,16	4,5 \pm 0,18 ^{a,b}	5,7 \pm 0,37 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	120 \pm 11,4	126 \pm 5,3	149 \pm 5,9 ^{a,b}	191 \pm 12,2 ^{a,b,c}
	µg/100 kcal	0,26 \pm 0,024	0,24 \pm 0,011	0,31 \pm 0,014 ^b	0,42 \pm 0,029 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	165 \pm 14,8	153 \pm 7,0	181 \pm 8,4 ^b	235 \pm 16,4 ^{a,b,c}
	µg/100 g	0,44 \pm 0,039	0,41 \pm 0,021	0,48 \pm 0,022	0,57 \pm 0,037 ^{a,b}
Vitamin C	mg/Tag	74 \pm 3,3	77 \pm 2,0	90 \pm 3,3 ^{a,b}	105 \pm 3,1 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	74 \pm 3,3	77 \pm 2,0	90 \pm 3,3 ^{a,b}	105 \pm 3,1 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	5,8 \pm 0,31	5,1 \pm 0,14	6,4 \pm 0,22 ^b	8,2 \pm 0,28 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	111 \pm 6,0	95 \pm 2,7 ^a	108 \pm 3,8 ^b	140 \pm 4,8 ^{a,b,c}
	mg/100 g	8,7 \pm 0,45	7,4 \pm 0,17 ^a	8,8 \pm 0,3 ^b	10 \pm 0,3 ^{a,b,c}

Bei der Gegenüberstellung der fettlöslichen Vitamine in Tabelle 3.19 ist erkennbar, dass es sowohl bezogen auf die Gesamtaufnahme als auch auf die Nährstoffenergiedichte keine nennenswerten Unterschiede für β -Carotin, Vitamine E und Vitamin K zwischen den vier Altersgruppen der Frauen gibt. Lediglich Vitamin D wird von den zwei älteren Gruppen in höheren Mengen als von den zwei jüngeren Gruppen verzehrt. In Bezug auf die Nährstoffenergiedichte ist allerdings auch bei Vitamin D kein Unterschied zwischen den Gruppen erkennbar. Die D-A-CH-Referenzwerte werden von allen Altersgruppen für Vitamin K überschritten und für β -Carotin und Vitamin E unterschritten. Ein deutliches Defizit besteht bei allen Altersgruppen für Vitamin D.

Tabelle 3.19 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Frauen (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
β-Carotin	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	2484 \pm 156,4	2599 \pm 126,9	2899 \pm 152,7	2880 \pm 128,0
	% des Ref ₁	52 \pm 3,3	54 \pm 2,6	60 \pm 3,2	60 \pm 2,7
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	200 \pm 13,6	177 \pm 9,9	218 \pm 12,0 ^b	233 \pm 12,9 ^b
	% des Ref ₂	80 \pm 5,4	71 \pm 3,9	79 \pm 4,3	77 \pm 4,3
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	284 \pm 17,1	246 \pm 10,5	278 \pm 13,1	280 \pm 11,9
Vitamin D	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	2,1 \pm 0,20	2,2 \pm 0,17	3,1 \pm 0,26 ^{a,b}	3,2 \pm 0,28 ^{a,b}
	% des Ref ₁	10 \pm 1,0	11 \pm 0,9	15 \pm 1,3 ^{a,b}	16 \pm 1,4 ^{a,b}
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	0,17 \pm 0,020	0,14 \pm 0,010	0,20 \pm 0,016 ^b	0,23 \pm 0,020 ^b
	% des Ref ₂	16 \pm 1,9	14 \pm 1,0	18 \pm 1,5 ^b	19 \pm 1,6 ^b
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	0,25 \pm 0,024	0,24 \pm 0,019	0,31 \pm 0,024	0,33 \pm 0,028 ^b
Vitamin E	mg/Tag	8,3 \pm 0,29	8,6 \pm 0,18	8,7 \pm 0,22	7,9 \pm 0,19 ^c
	% des Ref ₁	69 \pm 2,4	71 \pm 1,5	72 \pm 1,8	72 \pm 1,8
	$\text{mg}/100 \text{ kcal}$	0,62 \pm 0,021	0,55 \pm 0,012 ^a	0,60 \pm 0,015 ^b	0,60 \pm 0,014 ^b
	% des Ref ₂	98 \pm 3,3	87 \pm 1,8 ^a	89 \pm 2,2	86 \pm 2,1 ^a
	$\text{mg}/100 \text{ g}$	0,99 \pm 0,031	0,90 \pm 0,020 ^a	0,89 \pm 0,022 ^a	0,82 \pm 0,020 ^{a,b,c}
Vitamin K	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	108 \pm 6,2	151 \pm 4,2 ^a	139 \pm 5,7 ^a	121 \pm 4,8 ^{b,c}
	% des Ref ₁	181 \pm 10,3	252 \pm 7,0 ^a	214 \pm 8,8 ^b	186 \pm 7,4 ^{b,c}
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	8,8 \pm 0,54	10 \pm 0,3	10 \pm 0,5	9,5 \pm 0,39
	% des Ref ₂	274 \pm 16,8	314 \pm 9,3	280 \pm 13,8	232 \pm 9,6 ^{b,c}
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	13 \pm 0,8	15 \pm 0,4 ^a	14 \pm 0,6	12 \pm 0,4 ^b

Betrachtet man in Tabelle 3.20 den Verzehr der Lebensmittelgruppen, so nimmt der Verzehr von Eiern, Fleisch, Joghurt, Obst, Quark, Gemüse, Fleischwaren, Trockenobst und Aufschnitt zur ältesten Gruppe der Frauen hin zu. Im Gegensatz zum Verzehr von Eis, Fast Food, Kohlenhydraten, Müsli, Öl und Soße, der zur ältesten Gruppe hin abnimmt.

Tabelle 3.20 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen zwischen verschiedenen Altersgruppen von Frauen (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Gruppe > 65 Jahre und Gruppe < 35 Jahre ein p- Wert $\leq 0,016$ auftritt.

Alter	<35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	> 65 Jahre
Eier	9,2 \pm 1,33	11 \pm 1,0	16 \pm 1,3 ^{a,b}	18 \pm 1,4 ^{a,b}
Eis	8,4 \pm 1,55	7,2 \pm 0,89	6,9 \pm 1,11	4,2 \pm 0,92 ^a
Fast Food	21 \pm 3,5	21 \pm 2,2	14 \pm 2,4	5,4 \pm 1,39 ^{a,b,c}
Fleisch	42 \pm 3,6	48 \pm 2,5	57 \pm 3,2 ^{a,b}	63 \pm 3,6 ^{a,b}
Joghurt	29 \pm 3,2	48 \pm 2,8 ^a	36 \pm 2,8 ^b	50 \pm 3,2 ^{a,c}
Kohlenhydrate	115 \pm 5,9	108 \pm 3,7	105 \pm 4,5	96 \pm 4,1 ^a
Müsli	16 \pm 2,1	10 \pm 0,9 ^a	3,7 \pm 0,66 ^{a,b}	7,4 \pm 1,2 ^{a,c}
Obst	92 \pm 6,4	128 \pm 5,0 ^a	152 \pm 6,3 ^{a,b}	165 \pm 6,4 ^{a,b}
Öl	3,6 \pm 0,32	3,4 \pm 0,26	3,6 \pm 0,28	1,8 \pm 0,19 ^{a,b,c}
Quark	6,8 \pm 1,24	6,2 \pm 0,78	12 \pm 1,3 ^{a,b}	16 \pm 1,6 ^{a,b}
Gemüse	124 \pm 6,5	128 \pm 4,3	153 \pm 5,7 ^{a,b}	169 \pm 6,0 ^{a,b}
Fleischwaren	9,8 \pm 1,34	17 \pm 1,1 ^a	15 \pm 1,3	19 \pm 1,7 ^a
Soße	24 \pm 3,3	21 \pm 1,4	14 \pm 1,3 ^{a,b}	6,6 \pm 0,85 ^{a,b,c}
Trockenobst	0,023 \pm 0,0234	0,54 \pm 0,130 ^a	0,32 \pm 0,165	1,5 \pm 0,4 ^{a,b,c}
Aufschnitt	9,5 \pm 1,11	16 \pm 1,0 ^a	19 \pm 1,5 ^a	19 \pm 1,6 ^a

Die Abbildungen 3.3 und 3.4 zeigen abschließend den prozentualen Anteil an den Referenzwerten der Vitamin- und Mineralstoffaufnahmen in aufsteigender Reihenfolge der vier Altersgruppen der Frauen. Daraus ist ersichtlich, dass in allen Altersgruppen v. a. eine erhebliche defizitäre Zufuhr für Jod, Calcium und Vitamin D besteht. Weiter ist zu erkennen, dass zudem die Zufuhren von Eisen, Magnesium, Pantothensäure, Folat, β -Carotin, Biotin, Vitamin E, Vitamin B₂ und Vitamin B₁ als kritisch zu betrachten sind.

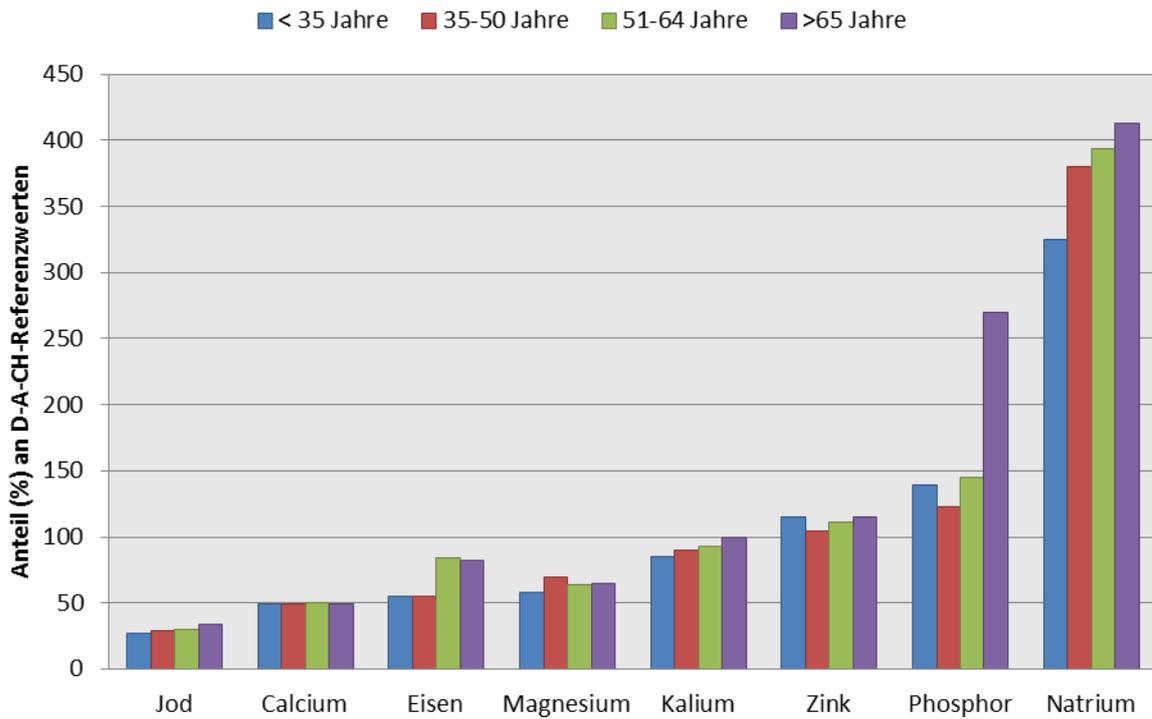


Abbildung 3.3 Mineralstoffe: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Frauen

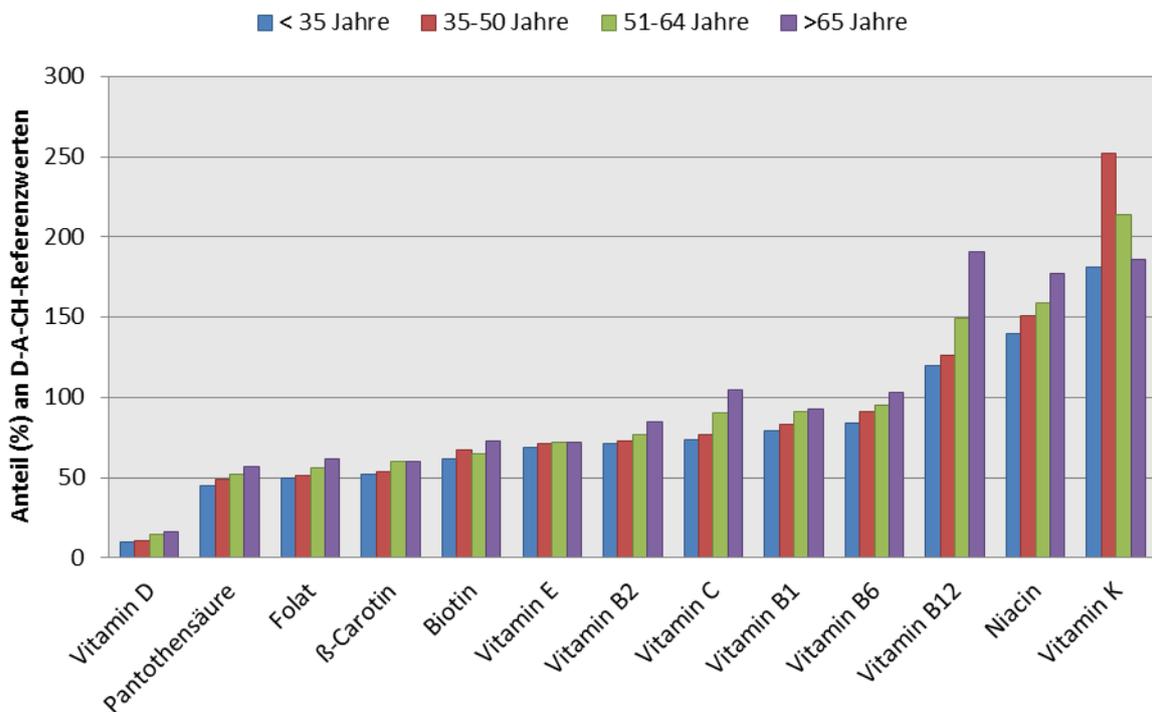


Abbildung 3.4 Vitamine: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Frauen

In der Gesamtheit zeigt sich in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte eine Zunahme von Natrium und Kalium zur ältesten Gruppe der Frauen hin. Zudem ist ein größerer Verzehr von wasserlöslichen Vitaminen in der ältesten Gruppe feststellbar. Die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffenergiedichten von Eisen sind in den zwei jüngeren Gruppen signifikant niedriger als in den zwei älteren Gruppen. Insgesamt besteht in allen Gruppen der Frauen für Jod, Calcium, Folat, Pantothersäure, β -Carotin und Vitamin D ein Defizit.

3.5 Altersabhängigkeit der Mikronährstoffaufnahme bei Männern

Analog zu den weiblichen Teilnehmern der vorliegenden Studie wurden auch die männlichen Teilnehmer in vier verschiedene Altersgruppen eingeteilt und bezüglich der Mikronährstoffaufnahmen verglichen. Betrachtet man den BMI der vier Gruppen der Männer in Tabelle 3.21, so zeigt sich eine Zunahme zur ältesten Gruppe hin. Jedoch ist kein Unterschied zwischen den beiden ältesten Gruppen zu erkennen. Die Verzehrsmenge ist in der ältesten Gruppe niedriger als in den beiden mittleren Altersgruppen und außerdem in der Gruppe 35-50 Jahre größer als in der Gruppe < 35 Jahre. Die Energieaufnahme ist nur in der ältesten Gruppe niedriger als in den anderen drei Gruppen. Zudem ist ein Rückgang der Energiedichte zur ältesten Gruppe hin zu verzeichnen.

Tabelle 3.21 Vergleich der demografische Daten und Verzehrdaten zwischen verschiedenen Altersgruppen von Männern (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre)

Alter	< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
N	27	59	33	39
Alter (Jahre)	28 \pm 0,3	44 \pm 0,2 ^a	58 \pm 0,2 ^{a,b}	71 \pm 0,2 ^{a,b,c}
BMI (kg/m ²)	29 \pm 0,6	31 \pm 0,5 ^a	35 \pm 0,5 ^{a,b}	36 \pm 0,4 ^{a,b}
Verzehrsmenge (g/d)	1061 \pm 25,1	1153 \pm 18,5 ^a	1126 \pm 23,1	1040 \pm 18,5 ^{b,c}
Energieaufnahme (kcal/d)	1946 \pm 44,0	1958 \pm 32,0	1838 \pm 39,0	1508 \pm 30,7 ^{a,b,c}
Energiedichte (kcal/(g*d))	1,9 \pm 0,03	1,8 \pm 0,02 ^a	1,7 \pm 0,03 ^{a,b}	1,5 \pm 0,02 ^{a,b,c}

Hinsichtlich der Aufnahme von Spurenelementen in Tabelle 3.22 sind keine beträchtlichen Unterschiede sowohl bezogen auf die Gesamtaufnahme als auch die Nährstoffenergiedichte von Eisen, Jod und Zink zwischen den vier Altersgruppen der Männer zu erkennen. Die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffenergiedichte werden von allen Gruppen für Eisen und Zink überschritten. Für die Aufnahme von Jod besteht bei allen Altersgruppen der Männer ein deutliches Defizit.

Tabelle 3.22 Aufnahme von Spurenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Männern (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Eisen	mg/Tag	12 \pm 1,3	9,9 \pm 0,20	9,5 \pm 0,26	9,0 \pm 0,27 ^b
	% des Ref ₁	116 \pm 13,3	99 \pm 2,0	95 \pm 2,6	90 \pm 2,7 ^b
	mg/100 kcal	0,62 \pm 0,058	0,54 \pm 0,011	0,55 \pm 0,014	0,62 \pm 0,014 ^{b,c}
	% des Ref ₂	154 \pm 14,6	128 \pm 2,6 ^a	119 \pm 3,0 ^a	124 \pm 2,8
	mg/100 g	1,1 \pm 0,10	0,92 \pm 0,022 ^a	0,89 \pm 0,022 ^a	0,90 \pm 0,023 ^a
Jod	μ g/Tag	77 \pm 5,2	75 \pm 3,1	63 \pm 4,6	60 \pm 3,5 ^{a,b}
	% des Ref ₁	39 \pm 2,6	38 \pm 1,5	35 \pm 2,6	33 \pm 2,0
	μ g/100 kcal	4,2 \pm 0,28	4,2 \pm 0,20	3,8 \pm 0,29	4,4 \pm 0,29
	% des Ref ₂	52 \pm 3,4	50 \pm 2,4	45 \pm 3,5	48 \pm 3,1
	μ g/100 g	7,9 \pm 0,54	7,1 \pm 0,43	5,9 \pm 0,41 ^a	6,1 \pm 0,39 ^a
Zink	mg/Tag	12 \pm 1,2	9,7 \pm 0,21	9,4 \pm 0,29	8,8 \pm 0,26 ^{a,b}
	% des Ref ₁	115 \pm 11	97 \pm 2,1	94 \pm 2,9	88 \pm 2,6 ^{a,b}
	mg/100 kcal	0,61 \pm 0,050	0,52 \pm 0,010	0,54 \pm 0,014	0,59 \pm 0,014 ^{b,c}
	% des Ref ₂	152 \pm 12,5	125 \pm 2,4 ^a	116 \pm 3,1 ^a	118 \pm 2,8 ^a
	mg/100 g	1,1 \pm 0,08	0,90 \pm 0,019 ^a	0,88 \pm 0,024 ^a	0,87 \pm 0,024 ^a

Beim Vergleich der Altersgruppen in Bezug auf die Mengenelemente in Tabelle 3.23 ist ersichtlich, dass es keine großen Unterschiede sowohl bezüglich der Gesamtaufnahmen als auch der Nährstoffenergiedichten von Natrium, Phosphor und Magnesium gibt. Calcium wird hingegen in höheren Mengen von den zwei jüngeren im Vergleich zu den zwei älteren Gruppen verzehrt. In der ältesten Gruppe besteht zudem für Kalium in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte ein höherer Wert als in den drei jüngeren Gruppen. Deutlich überschritten werden von allen Altersgruppen die D-A-CH-Referenzwerte für Natrium, Kalium und Phosphor. Für Calcium und Magnesium werden sie jedoch von allen Altersgruppen unterschritten.

Tabelle 3.23 Aufnahme von Mengenelementen bei verschiedenen Altersgruppen von Männern (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Natrium	mg/Tag	3087 \pm 105,0	2845 \pm 67,4	2935 \pm 101,6	2597 \pm 89,0 ^{a,c}
	% des Ref ₁	561 \pm 19,1	517 \pm 12,3	534 \pm 18,5	472 \pm 16,2 ^{a,c}
	mg/100 kcal	164 \pm 5,3	152 \pm 3,3	163 \pm 4,4	177 \pm 5,7 ^b
	% des Ref ₂	730 \pm 23,5	663 \pm 14,5 ^a	653 \pm 17,6 ^a	644 \pm 20,9 ^a
	mg/100 g	307 \pm 9,7	268 \pm 6,8 ^a	270 \pm 7,8 ^a	264 \pm 10,2 ^a
Kalium	mg/Tag	2112 \pm 64,5	2208 \pm 42,9	2124 \pm 54,6	2025 \pm 47,6 ^b
	% des Ref ₁	106 \pm 3,2	110 \pm 2,2	106 \pm 2,7	101 \pm 2,4 ^b
	mg/100 kcal	113 \pm 3,2	123 \pm 3,4	126 \pm 3,5 ^a	143 \pm 3,4 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	137 \pm 3,9	148 \pm 4,0	138 \pm 3,9	143 \pm 3,4
	mg/100 g	202 \pm 4,8	203 \pm 8,6	195 \pm 4,4	198 \pm 5,0
Calcium	mg/Tag	653 \pm 34,5	632 \pm 19,2	487 \pm 19,9 ^{a,b}	453 \pm 18,9 ^{a,b}
	% des Ref ₁	65 \pm 3,4	63 \pm 1,9	49 \pm 2,0 ^{a,b}	45 \pm 1,9 ^{a,b}
	mg/100 kcal	36 \pm 2,0	34 \pm 1,0	27 \pm 1,0 ^{a,b}	30 \pm 1,0 ^{a,b}
	% des Ref ₂	89 \pm 4,9	81 \pm 2,5	60 \pm 2,2 ^{a,b}	60 \pm 2,1 ^{a,b}
	mg/100 g	70 \pm 4,4	59 \pm 2,3 ^a	44 \pm 1,7 ^{a,b}	44 \pm 1,7 ^{a,b}
Phosphor	mg/Tag	1210 \pm 34,4	1167 \pm 23,2	1052 \pm 27,1 ^{a,b}	2246 \pm 516,8 ^b
	% des Ref ₁	173 \pm 4,9	167 \pm 3,3	150 \pm 3,9 ^{a,b}	321 \pm 73,8 ^b
	mg/100 kcal	65 \pm 1,7	63 \pm 1,1	60 \pm 1,4 ^a	141 \pm 29,9 ^{b,c}
	% des Ref ₂	228 \pm 6,1	215 \pm 3,8	189 \pm 4,4 ^{a,b}	403 \pm 85,4 ^b
	mg/100 g	122 \pm 3,6	108 \pm 2,3 ^a	98 \pm 2,4 ^{a,b}	211 \pm 46,4 ^b
Magnesium	mg/Tag	244 \pm 9,4	248 \pm 5,3	218 \pm 5,7 ^{a,b}	204 \pm 4,7 ^{a,b}
	% des Ref ₁	65 \pm 2,5	71 \pm 1,5	62 \pm 1,6 ^b	58 \pm 1,4 ^{a,b}
	mg/100 kcal	13 \pm 0,5	14 \pm 0,4	13 \pm 0,3	14 \pm 0,3 ^c
	% des Ref ₂	88 \pm 3,4	96 \pm 2,9	80 \pm 2,1 ^b	81 \pm 1,7 ^b
	mg/100 g	24 \pm 1,0	23 \pm 1,2	20 \pm 0,5 ^a	20 \pm 0,5 ^a

Betrachtet man außerdem die Zufuhr der wasserlöslichen Vitamine in Tabelle 3.24, so sind für Vitamin B₁, Vitamin B₂, Pantothensäure, Biotin und Vitamin B₁₂ keine Unterschiede sowohl in Bezug auf die Gesamtaufnahme als auch hinsichtlich der Nährstoffenergiedichte ermittelbar. Von der ältesten Gruppe wird Vitamin C bezogen auf die Gesamtaufnahme und die Nährstoffenergiedichte vermehrt verzehrt. Zudem ist in der ältesten Gruppe eine höhere Nährstoffenergiedichte von Vitamin B₆ und Folat zu erkennen. Im Gegensatz dazu wird Niacin in geringeren Mengen von der ältesten Gruppe aufgenommen. Die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffenergiedichten werden für Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Vitamin B₁₂ und Vitamin C annähernd von allen Gruppen und für Biotin nur von den beiden jüngeren Gruppen überschritten. Für Folat und Pantothensäure wird die empfohlene Zufuhr von allen Altersgruppen unterschritten.

Tabelle 3.24 Aufnahme wasserlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Männern (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Vitamin B₁	mg/Tag	1,3 \pm 0,05	1,2 \pm 0,03 ^a	1,3 \pm 0,04	1,1 \pm 0,04 ^{a,c}
	% des Ref ₁	105 \pm 4,4	96 \pm 2,7	114 \pm 4,1 ^b	111 \pm 3,6 ^b
	mg/100 kcal	0,069 \pm 0,0025	0,062 \pm 0,0017	0,072 \pm 0,0026 ^b	0,076 \pm 0,0023 ^b
	% des Ref ₂	134 \pm 5,0	123 \pm 3,4	145 \pm 5,2 ^b	153 \pm 4,6 ^{a,b}
	mg/100 g	0,13 \pm 0,005	0,11 \pm 0,003 ^a	0,12 \pm 0,004 ^b	0,11 \pm 0,004
Vitamin B₂	mg/Tag	1,2 \pm 0,04	1,2 \pm 0,03	1,1 \pm 0,03 ^b	1,0 \pm 0,04 ^{a,b}
	% des Ref ₁	84 \pm 3,1	88 \pm 2,1	84 \pm 2,7	84 \pm 3,4
	mg/100 kcal	0,069 \pm 0,0042	0,068 \pm 0,0021	0,063 \pm 0,0020	0,068 \pm 0,0020
	% des Ref ₂	117 \pm 7,2	117 \pm 3,6	106 \pm 3,3	114 \pm 3,3
	mg/100 g	0,12 \pm 0,006	0,11 \pm 0,004	0,10 \pm 0,003 ^a	0,10 \pm 0,003 ^{a,b}
Niacin	mg/Tag	31 \pm 1,1	28 \pm 0,6 ^a	27 \pm 0,8 ^a	24 \pm 0,7 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	190 \pm 6,8	173 \pm 3,8	178 \pm 5,3	183 \pm 5,6
	mg/100 kcal	1,7 \pm 0,06	1,5 \pm 0,04	1,5 \pm 0,05	1,6 \pm 0,04
	% des Ref ₂	252 \pm 9,0	230 \pm 6,5	227 \pm 7,0	251 \pm 6,8 ^c
	mg/100 g	3,1 \pm 0,10	2,6 \pm 0,11 ^a	2,5 \pm 0,07 ^a	2,3 \pm 0,06 ^a
Vitamin B₆	mg/Tag	1,4 \pm 0,05	1,4 \pm 0,03	1,4 \pm 0,04	1,4 \pm 0,04
	% des Ref ₁	96 \pm 3,3	94 \pm 2,2	91 \pm 2,7	96 \pm 2,6
	mg/100 kcal	0,077 \pm 0,0025	0,078 \pm 0,0019	0,081 \pm 0,0025	0,10 \pm 0,003 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	126 \pm 4,1	123 \pm 2,9	120 \pm 3,8	135 \pm 3,9 ^{b,c}
	mg/100 g	0,14 \pm 0,004	0,12 \pm 0,003 ^a	0,13 \pm 0,003	0,13 \pm 0,004
Folat	µg/Tag	184 \pm 8,3	179 \pm 4,0	172 \pm 5,4	193 \pm 7,7
	% des Ref ₁	61 \pm 2,8	60 \pm 1,3	57 \pm 1,8	64 \pm 2,6
	µg/100 kcal	10 \pm 0,7	10 \pm 0,3	10 \pm 0,4	14 \pm 0,5 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	85 \pm 5,5	80 \pm 2,2	76 \pm 2,7	94 \pm 3,5 ^{b,c}
	µg/100 g	18 \pm 0,9	17 \pm 0,6	16 \pm 0,5	19 \pm 0,7 ^{b,c}
Pantothensäure	mg/Tag	3,7 \pm 0,13	4,4 \pm 0,65	3,5 \pm 0,10	3,5 \pm 0,12
	% des Ref ₁	61 \pm 2,2	73 \pm 10,8	59 \pm 1,7	59 \pm 2,0
	mg/100 kcal	0,21 \pm 0,011	0,24 \pm 0,031	0,21 \pm 0,007	0,24 \pm 0,007 ^{a,c}
	% des Ref ₂	86 \pm 4,7	95 \pm 12,3	77 \pm 2,6	81 \pm 2,3
	mg/100 g	0,36 \pm 0,014	0,41 \pm 0,079	0,33 \pm 0,009	0,34 \pm 0,010
Biotin	µg/Tag	36 \pm 1,8	35 \pm 1,0	32 \pm 1,1	32 \pm 1,4
	% des Ref ₁	79 \pm 3,9	79 \pm 2,2	72 \pm 2,5	70 \pm 3,2
	µg/100 kcal	2,0 \pm 0,15	1,9 \pm 0,06	1,9 \pm 0,07	2,2 \pm 0,08 ^c
	% des Ref ₂	112 \pm 8,1	102 \pm 3,4	95 \pm 3,5	94 \pm 3,3
	µg/100 g	3,5 \pm 0,20	3,2 \pm 0,10	3,0 \pm 0,10	3,0 \pm 0,10
Vitamin B₁₂	µg/Tag	6,3 \pm 0,51	6,0 \pm 0,36	5,8 \pm 0,36	5,7 \pm 0,64
	% des Ref ₁	209 \pm 17,0	199 \pm 12,1	195 \pm 11,9	190 \pm 21,2
	µg/100 kcal	0,40 \pm 0,067	0,33 \pm 0,031	0,33 \pm 0,017	0,36 \pm 0,028
	% des Ref ₂	334 \pm 55,5	278 \pm 26,1	233 \pm 12,3	241 \pm 18,9
	µg/100 g	0,66 \pm 0,082	0,54 \pm 0,044	0,53 \pm 0,028	0,52 \pm 0,041
Vitamin C	mg/Tag	64 \pm 4,3	81 \pm 3,5 ^a	87 \pm 3,7 ^a	101 \pm 4,2 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	64 \pm 4,3	81 \pm 3,5 ^a	87 \pm 3,7 ^a	101 \pm 4,2 ^{a,b,c}
	mg/100 kcal	3,5 \pm 0,24	4,6 \pm 0,20 ^a	5,3 \pm 0,23 ^a	7,6 \pm 0,36 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	89 \pm 6,1	111 \pm 4,9 ^a	114 \pm 5,1 ^a	152 \pm 7,2 ^{a,b,c}
	mg/100 g	5,6 \pm 0,31	6,9 \pm 0,26 ^a	7,8 \pm 0,31 ^a	9,7 \pm 0,39 ^{a,b,c}

Des Weiteren zeigt sich bei der Analyse der fettlöslichen Vitamine in Tabelle 3.25, dass in der ältesten Gruppe der Männer für β -Carotin deutlich höhere Verzehrdaten sowohl in Bezug auf die Gesamtaufnahme, als auch die Nährstoffenergiedichte zu ermitteln sind. Für Vitamin E und Vitamin K sind in der ältesten Gruppe nur bezüglich der Nährstoffenergiedichten höhere Werte zu verzeichnen. Die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffenergiedichte von Vitamin K werden in allen Altersgruppen deutlich überschritten und von β -Carotin und Vitamin D unterschritten. In Bezug auf Vitamin E werden sie nur von der ältesten Gruppe erreicht.

Tabelle 3.25 Aufnahme fettlöslicher Vitamine bei verschiedenen Altersgruppen von Männern (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

Alter		< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
β-Carotin	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	2070 \pm 222,8	2279 \pm 149,9	2270 \pm 160,8	2993 \pm 180,3 ^{a,b,c}
	% des Ref ₁	35 \pm 3,7	38 \pm 2,5	38 \pm 2,7	50 \pm 3,0 ^{a,b,c}
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	121 \pm 16,2	128 \pm 8,4	138 \pm 9,9	242 \pm 17,1 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	51 \pm 6,8	51 \pm 3,4	50 \pm 3,6	80 \pm 5,7 ^{a,b,c}
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	182 \pm 19,1	190 \pm 10,8	196 \pm 12,8	291 \pm 17,6 ^{a,b,c}
Vitamin D	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	2,7 \pm 0,39	2,9 \pm 0,31	4,2 \pm 0,55	3,4 \pm 0,47
	% des Ref ₁	14 \pm 2,0	14 \pm 1,6	21 \pm 2,7	17 \pm 2,4
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	0,14 \pm 0,023	0,15 \pm 0,016	0,25 \pm 0,034 ^{a,b}	0,23 \pm 0,032 ^b
	% des Ref ₂	18 \pm 2,8	18 \pm 1,9	28 \pm 3,8 ^b	23 \pm 3,2
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	0,24 \pm 0,034	0,24 \pm 0,022	0,39 \pm 0,047 ^b	0,33 \pm 0,045
Vitamin E	mg/Tag	9,5 \pm 0,51	10 \pm 0,3	9,1 \pm 0,38	8,8 \pm 0,32 ^b
	% des Ref ₁	66 \pm 3,5	72 \pm 2,4	70 \pm 2,9	73 \pm 2,6
	$\text{mg}/100 \text{ kcal}$	0,50 \pm 0,023	0,54 \pm 0,018	0,52 \pm 0,019	0,63 \pm 0,024 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	84 \pm 3,9	94 \pm 3,1	88 \pm 3,3	105 \pm 4,0 ^{a,b,c}
	$\text{mg}/100 \text{ g}$	0,88 \pm 0,037	0,94 \pm 0,035	0,85 \pm 0,034	0,87 \pm 0,032
Vitamin K	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	126 \pm 8,0	158 \pm 6,3 ^a	118 \pm 7,4 ^b	166 \pm 9,8 ^{a,c}
	% des Ref ₁	180 \pm 11,4	225 \pm 9,1 ^a	147 \pm 9,3 ^b	207 \pm 12,3 ^c
	$\mu\text{g}/100 \text{ kcal}$	7,3 \pm 0,64	8,7 \pm 0,39	7,1 \pm 0,49 ^b	13 \pm 0,9 ^{a,b,c}
	% des Ref ₂	253 \pm 22,0	300 \pm 13,3	196 \pm 13,7 ^b	324 \pm 23,0 ^c
	$\mu\text{g}/100 \text{ g}$	12 \pm 0,7	13 \pm 0,5	10 \pm 0,6 ^b	16 \pm 1,1 ^{a,b,c}

Vergleicht man zuletzt die Lebensmittelgruppen in Tabelle 3.26, so ist erkennbar, dass der Verzehr von Eis, Fast Food, Kuchen, Kohlenhydraten, Wurstwaren, Öl, Paniertem, Soße und Süßigkeiten zur ältesten Gruppe der Männer hin abnimmt. Der Verzehr von Obst, Quark, Gemüse und Streichfett nimmt hingegen zur ältesten Gruppe hin zu.

Tabelle 3.26 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen zwischen verschiedenen Altersgruppen von Männern (MW \pm SEM, ^a $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe < 35 Jahre, ^b $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe 35-50 Jahre, ^c $p \leq 0,016$ im Vergleich zur Gruppe > 60 Jahre). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test bei Vergleich der Gruppe > 65 Jahre und der Gruppe < 35 Jahre ein p-Wert $\leq 0,016$ auftritt.

Alter	< 35 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	>65 Jahre
Eis	6,5 \pm 1,87	4,2 \pm 0,92	5,5 \pm 1,49	1,4 \pm 0,65 ^{a,c}
Fast Food	53 \pm 7,7	41 \pm 4,8	18 \pm 4,0 ^{a,b}	10 \pm 2,8 ^{a,b}
Kuchen	63 \pm 6,5	61 \pm 4,2	57 \pm 5,4	28 \pm 3,1 ^{a,b,c}
Kohlenhydrate	149 \pm 10,4	124 \pm 7,0	120 \pm 7,7	104 \pm 6,5 ^a
Wurstwaren	37 \pm 5,2	34 \pm 3,6	38 \pm 4,5	18 \pm 2,7 ^{a,b,c}
Obst	58 \pm 6,5	113 \pm 6,3 ^a	146 \pm 10,6 ^{a,b}	111 \pm 7,1 ^{a,c}
Öl	4,3 \pm 0,55	4,3 \pm 0,44	3,3 \pm 0,35	2,0 \pm 0,26 ^{a,b,c}
Paniertes	25 \pm 4,7	13 \pm 2,0 ^a	12 \pm 2,5 ^a	7,8 \pm 1,75 ^a
Quark	9,1 \pm 2,37	14 \pm 2,6	13 \pm 2,9	21 \pm 3,6 ^a
Gemüse	89 \pm 7,6	145 \pm 7,6 ^a	132 \pm 8,4 ^a	197 \pm 10,1 ^{a,b,c}
Soße	24 \pm 2,8	25 \pm 2,3	13 \pm 2,1 ^{a,b}	8,1 \pm 1,38 ^{a,b}
Streichfett	6,6 \pm 0,70	11 \pm 0,7 ^a	10 \pm 1,0 ^a	12 \pm 0,8 ^a
Süßigkeiten	19 \pm 2,8	28 \pm 2,5	21 \pm 2,2	11 \pm 1,4 ^{a,b,c}

Die Abbildungen 3.5 und 3.6 zeigen zum Abschluss den prozentualen Anteil an den Referenzwerten der Mikronährstoffaufnahmen der vier Altersgruppen der Männer in aufsteigender Reihenfolge. Es ist ersichtlich, dass in allen Altersgruppen der Männer eine erhebliche defizitäre Zufuhr für Jod, Vitamin D und β -Carotin besteht. Dementgegen werden die Referenzwerte von Natrium, Phosphor, Vitamin K, Niacin und Vitamin B₁₂ von allen Altersgruppen deutlich überschritten.

Summa summarum wird von der ältesten Gruppe der Männer in Bezug auf die Nährstoffenergiedichten mehr Kalium, Vitamin B₆, Folat, Vitamin C, β -Carotin, Vitamin E und Vitamin K verzehrt. Die Aufnahme von Calcium ist in den zwei älteren Gruppen signifikant niedriger als in den zwei jüngeren Gruppen. Ein Defizit besteht bei allen Altersgruppen für Jod, β -Carotin und Vitamin D. Bezüglich Calcium besteht eine besonders niedrige Zufuhr lediglich bei den beiden älteren Gruppen.

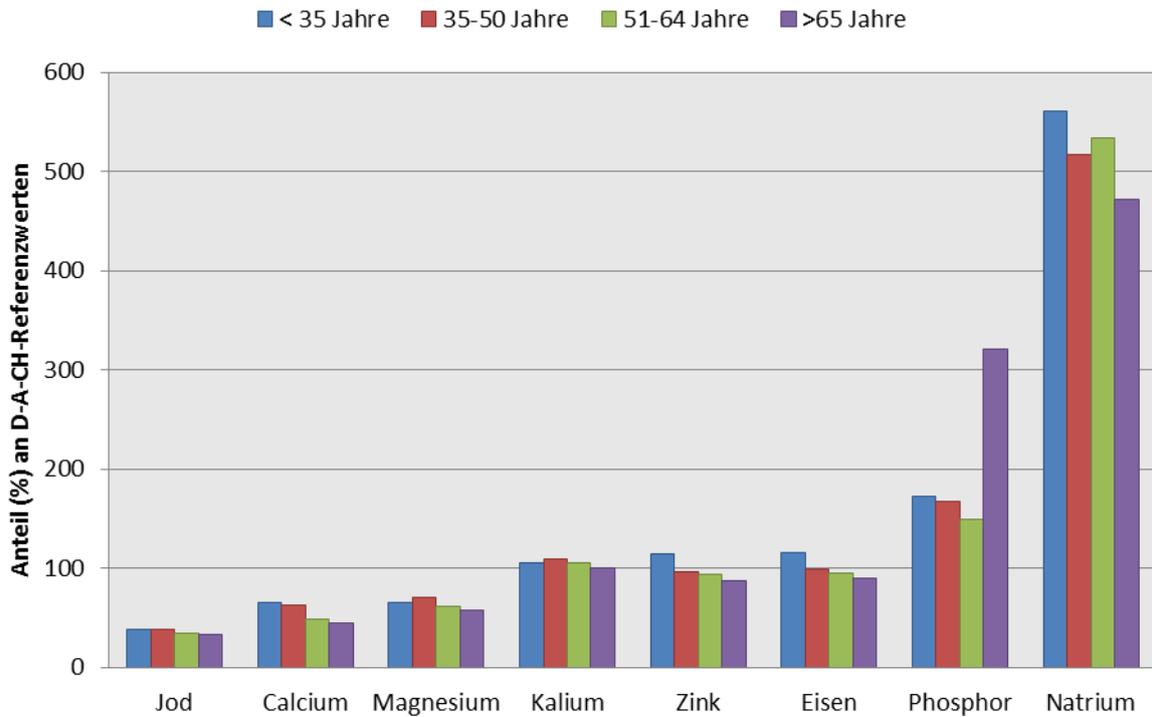


Abbildung 3.5 Mineralstoffe: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Männer

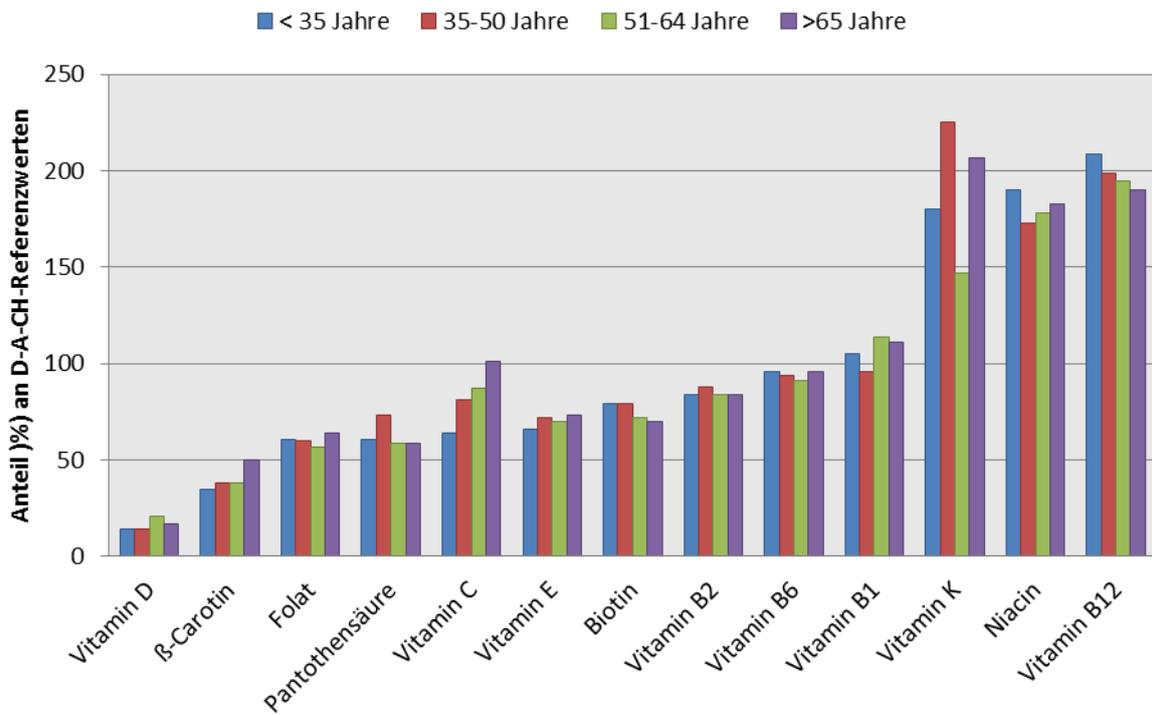


Abbildung 3.6 Vitamine: Vergleich der Anteile an den D-A-CH-Referenzwerten bezogen auf die Gesamtnährstoffaufnahme von den Altersgruppen der Männer

3.6 Intraindividuelle Analyse der Vitamin-C-Aufnahme

Zusätzlich zum Vergleich der Mikronähstoffaufnahmen der verschiedenen Gruppen, erfolgte in der vorliegenden Studie zudem eine intraindividuelle Analyse bezüglich der Verzehrdaten exemplarisch für Vitamin C, Vitamin D, Calcium und Zink. Dadurch können Tag-zu-Tag-Schwankungen zwischen den zehn einzelnen Tagen analysiert und gegebenenfalls Abhängigkeiten anderer Parameter besser erkannt werden. Für den folgenden Abschnitt wurden aus diesem Grund die zehn Tage der Ernährungsprotokolle intraindividuell nach der Höhe der Vitamin-C-Aufnahme geordnet. Dies bedeutet, dass die jeweils zehn chronologischen Protokolltage jedes Individuums nach der Höhe der Vitamin-C-Aufnahme neu sortiert wurden und anschließend eine Zusammenfassung der neu geordneten Tage aller Studienteilnehmer erfolgte. Nach diesem intraindividuellen Ranking der Verzehrstage stellt definitionsgemäß Tag 1 den Tag mit der niedrigsten und Tag 10 den Tag mit der höchsten Vitamin-C-Aufnahme dar. In welchem Ausmaß andere Parameter, wie die Verzehrdaten, andere Vitamin- und Mineralstoffaufnahmen und der Verzehr von Lebensmittelgruppen damit korrelieren, wird im Folgenden beschrieben.

Vergleicht man den Tag 1 mit dem Tag 10 in Tabelle 3.27, so nimmt die Gesamtaufnahme von Vitamin C um etwa das Neunfache zu. Die Nährstoffenergiedichte erhöht sich dabei um rund das Achtfache und die Nährstoffmengendichte um rund das Siebenfache. Die D-A-CH-Referenzwerte werden für die tägliche Gesamtaufnahme ab Tag 8 und für die Nährstoffenergiedichte ab Tag 6 erreicht.

Tabelle 3.27 Durchschnittliche Vitamin-C-Aufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer (MW und SEM, Ref₁: D-A-CH-Referenzwert für Gesamtnährstoffaufnahme, Ref₂: D-A-CH-Referenzwert für Nährstoffenergiedichte)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mg/d	MW	22	35	48	58	69	81	95	112	139	191
	SEM	1,2	1,5	1,8	1,9	2,3	2,5	2,8	3,1	3,8	5,4
% des Ref₁	MW	22	35	48	58	69	81	95	112	139	191
	SEM	1,2	1,5	1,8	1,9	2,3	2,5	2,8	3,1	3,8	5,4
mg/100 kcal	MW	1,6	2,4	3,4	4,1	4,8	5,7	6,6	7,4	9,7	13
	SEM	0,08	0,11	0,14	0,15	0,17	0,20	0,23	0,24	0,36	0,4
% des Ref₂	MW	30	46	65	78	91	108	126	142	186	251
	SEM	1,6	2,1	2,6	2,7	3,1	3,7	4,3	4,4	6,6	7,7
mg/100 g	MW	2,5	3,8	5,1	6,1	7,1	8,0	9,3	10	13	17
	SEM	0,12	0,14	0,17	0,18	0,26	0,24	0,29	0,3	0,4	0,5

Betrachtet man zudem die Verzehrdaten der Vitamin-C-Aufnahme in Tabelle 3.28, so ist dort beim Vergleich von Tag 1 und 10 eine Zunahme der Verzehrsmenge um etwa das 1,4-fache und der Energieaufnahme um etwa das 1,1-fache zu erkennen. Dadurch verringert sich die Energiedichte um etwa das 0,7-fache.

Tabelle 3.28 Durchschnittliche Verzehrsmenge (g/d), Energieaufnahme (kcal/d) und Energiedichte (kcal/(g*d)) sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer (MW und SEM, *p ≤ 0,005 im Vergleich zur zu Tag 1)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verzehrsmenge	MW	834	900*	933*	967*	1000*	1027*	1056*	1114*	1132*	1181*
	SEM	14,9	15,2	14,5	16,4	16,1	15,8	16,6	17,9	17,8	18,1
Energieaufnahme	MW	1526	1609*	1548	1593	1597	1614*	1622*	1675*	1652*	1659*
	SEM	28,1	28,3	25,9	28,2	28,7	28,6	27,5	30,3	29,2	30,9
Energiedichte	MW	1,9	1,9	1,7 *	1,7*	1,7*	1,6 *	1,6 *	1,5 *	1,5 *	1,4 *
	SEM	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Im Hinblick auf die Veränderungen anderer Vitamine und Mineralstoffe in Tabelle 3.29 erkennt man zudem, dass sich mit steigender Vitamin-C-Aufnahme die Zufuhren von Vitamin E, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Pantothersäure, Biotin, Vitamin B₁₂, Jod, Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium um den Faktor 1,1 bis 1,8 erhöhen. Besonders stark steigen die Verzehrsmengen von Folat (Faktor 2,1), Vitamin K (Faktor 2,8) und β-Carotin (Faktor 2,9) an.

Tabelle 3.29 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer (MW, *p ≤ 0,005 im Vergleich zu Tag 1). Es sind nur die Vitamine und Mineralstoffe aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p- Wert ≤ 0,005 auftritt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
β-Carotin	1445	1565	1718	2234*	2648*	2731*	2871*	3148*	3435*	4256*
Vitamin E	6,7	7,7*	7,9*	8,0*	8,4*	9,0*	9,3*	9,6*	10*	11*
Vitamin K	74	92*	109*	112*	121*	145*	161*	175*	183*	206*
Vitamin B₁	0,79	0,85	0,92*	0,94*	0,93*	0,96*	1,0*	1,1*	1,1*	1,2*
Vitamin B₂	0,81	0,89*	0,90*	0,95*	0,99*	1,0*	1,0*	1,1*	1,1*	1,2*
Niacin	20	21	21	22*	22*	23*	23*	24*	24*	25*
Vitamin B₆	0,87	0,98*	1,0*	1,1*	1,2*	1,2*	1,3*	1,4*	1,4*	1,6*
Folat	113	133*	141*	157*	163*	170*	174*	197*	205*	235*
Pantothers.	2,5	2,8 *	2,8*	3,1*	3,2*	3,3*	3,4*	3,6*	4,6	4,1*
Biotin	24	28*	28*	29*	30*	32*	36	33*	35*	37*
Vitamin B₁₂	3,8	4,4	4,1	4,8	4,8*	5,0*	5,0*	5,2*	5,4	6,1*
Jod	52	53	58	63	60	63*	65*	63*	64*	68*
Natrium	2153	2278	2384	2266	2348*	2310	2399*	2492*	2435*	2396*
Kalium	1339	1556 *	1677 *	1790*	1910*	1984*	2065*	2197*	2313*	2456*
Calcium	464	502	479	502	510	526*	495	530*	570*	538*
Magnesium	169	221	187*	192*	202*	206*	208*	222*	227*	236*

Des Weiteren steigen mit der Vitamin-C-Aufnahme die durchschnittlichen Verzehrsmengen von Öl und Kohlenhydraten um etwa das 1,5-fache, Wurstwaren um etwa das Zweifache, Obst und Gemüse um das 3,5-fache und Pommes um das Fünffache, wie aus Tabelle 3.30 ersichtlich ist. Betrachtet man die tatsächlichen Grammangaben, so nimmt der Verzehr von Obst und Gemüse am deutlichsten zu. Die Verzehrsmengen von Fast Food nehmen um den Faktor 0,4 und von Brot um den Faktor 0,9 ab.

Tabelle 3.30 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Vitamin-C-Aufnahme aller Studienteilnehmer (MW \pm SEM, * $p \leq 0,005$ im Vergleich zur zu Tag 1). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p- Wert $\leq 0,005$ auftritt.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brot	MW	140	130	124*	127	128	130	122*	129	119*	121*
	SEM	4,2	4,1	3,8	3,6	3,7	4,1	3,9	4,2	3,8	3,9
Fast Food	MW	32	28	18	24	21	18	18	20	17*	13*
	SEM	4,7	4,3	3,6	3,7	3,5	3,5	3,1	3,7	3,1	2,5
Kohlenhydrate	MW	95	99	106	113	108	115	117	111	127 *	123*
	SEM	6,0	5,9	5,9	6,7	5,6	5,9	5,8	5,8	6,6	7,4
Wurstwaren	MW	15	17	19	20	21	21	28*	26*	25*	32*
	SEM	2,4	2,4	2,7	2,6	2,7	2,6	2,9	3,0	3,0	3,5
Obst	MW	54	74*	101*	111*	119*	130*	146*	167*	180*	191*
	SEM	4,6	5,1	6,2	6,9	7,0	7,5	7,7	8,3	8,8	9,4
Öl	MW	2,3	3,2	2,7	3,1	3,1	3,7*	3,6	3,3	3,7*	3,8*
	SEM	0,31	0,41	0,33	0,36	0,32	0,41	0,39	0,32	0,38	0,36
Pommes	MW	2,3	3,9	4,9	7,3	9,6*	10*	9,4*	8,6	16*	11*
	SEM	0,80	1,08	1,24	1,68	1,84	1,9	1,74	2,1	2,4	2,3
Gemüse	MW	68	88*	107*	127*	133*	141*	158*	171*	199*	238*
	SEM	5,3	5,1	6,2	7,0	6,8	7,1	7,7	7,1	8,6	8,6

Zusammenfassend nimmt die Vitamin-C-Aufnahme von Tag 1 bis Tag 10 um etwa das Neunfache zu, wobei sich die Verzehrsmenge um etwa das 1,4-fache und die Energieaufnahme um etwa das 1,1-fache erhöhen. Die Energiedichte verringert sich dadurch um etwa das 0,7-fache. Besonders stark steigen mit erhöhter Vitamin-C-Aufnahme auch die Aufnahmen von Folat, Vitamin K und β -Carotin an. Lebensmittelgruppen, deren Verzehr sich am deutlichsten erhöht, stellen Obst und Gemüse dar. Die D-A-CH-Referenzwerte werden für die tägliche Gesamtaufnahme ab Tag 8 und für die Nährstoffenergiedichte ab Tag 6 erreicht.

Betrachtet man die Veränderungen anderer Mikronährstoffe in Tabelle 3.33, so steigt mit der Vitamin-D-Aufnahme auch der Verzehr von Vitamin E, Vitamin K, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Folat, Pantothensäure, Biotin, Eisen, Zink, Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium um den Faktor 1,2 bis 1,8 an. Besonders stark erhöht sich der Verzehr von Phosphor (Faktor 2,1), Jod (Faktor 2,3) und Vitamin B₁₂ (Faktor 2,5). Im Gegensatz dazu sinkt der Verzehr von Vitamin C um den Faktor 0,9.

Tabelle 3.33 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Vitamin-D-Aufnahme aller Studienteilnehmer (MW, *p ≤ 0,005 im Vergleich zu Tag 1). Es sind nur die Vitamine und Mineralstoffe aufgelistet, bei denen t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p- Wert ≤ 0,005 auftritt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vitamin E	7,3	7,8	7,2	7,8	8,8*	8,7*	8,9*	9,6*	10*	11*
Vitamin K	122	114	122	124	136	135	144	154*	165*	162*
Vitamin B₂	0,79	0,85	0,89*	0,93*	0,94*	0,99*	1,0*	1,1*	1,2*	1,2*
Niacin	20	20	21	21	22*	23*	23*	24*	25*	26*
Vitamin B₆	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3*	1,4*
Folat	143	145	153	155	161*	166*	173*	189*	208*	196*
Pantothens.	2,7	2,7	2,9	3,0*	3,8	3,1*	3,3*	3,6 *	4,0*	4,2*
Biotin	23	23	25	26*	32	30*	32*	37*	42*	42*
Vitamin B₁₂	3,2	3,3	3,7	4,0	3,8	4,6*	4,8*	6,2*	7,0*	7,9*
Vitamin C	90	85	84	85	91	84	81	84	86	79*
Eisen	7,9	7,7	8,0	8,2	8,8	8,5*	8,7*	9,1*	9,9 *	11 *
Jod	40	43	49	48*	53*	60*	69*	71*	84*	90*
Zink	7,0	7,4	7,7*	7,9*	8,7*	8,6*	8,6*	8,5*	9,2*	9,7*
Natrium	2160	2189	2213	2235	2369	2483	2371	2381	2487*	2574*
Kalium	1822	1768	1824	1856	1875	1905	1966*	1986*	2127*	2158*
Calcium	356	410*	476*	503*	517*	530*	566*	562*	607*	588*
Phosphor	760	950	985	1248	1630	1775	1165*	1028*	1241*	1560*
Magnesium	185	190	195	196	199*	238	206*	209*	225*	227*

Mit der Vitamin-D-Aufnahme steigen die durchschnittlichen Verzehrsmengen von Käse und Kohlenhydraten um etwa das 1,5-fache, Streichfett um etwa das Zweifache, Kuchen und Paniertem um etwa das Dreifache, Sahne und Aufläufe um etwa das Vierfache, Fisch um etwa das Neunfache und Eier um etwa das 84-fache, wie aus Tabelle 3.34 abzulesen ist. Betrachtet man die tatsächliche Zunahme in Gramm, so nimmt der Verzehr von Fisch am Deutlichsten zu. Aber auch Kuchen, Eier und Kohlenhydrate zeigen hierbei große Unterschiede. Die Verzehrsmengen von Wurstwaren nehmen um etwa das 0,3-fache, von Fleisch um etwa das 0,7-fache und Obst um etwa das 0,8-fache ab.

Tabelle 3.34 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Vitamin-D-Aufnahme aller Studienteilnehmer (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zur zu Tag 1). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p- Wert \leq 0,05 auftritt.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aufläufe	MW	3,7	7,3	6,6	13*	14*	16*	24*	14*	13	16*
	SEM	1,32	1,96	1,83	3,1	3,2	3,7	5,9	3,1	3,2	3,7
Eier	MW	0,50	1,8	1,5	3,2*	6,0*	10*	14*	27*	40*	42*
	SEM	0,306	0,95	0,45	0,82	0,91	1,6	1,5	2,1	2,6	3,0
Fisch	MW	8,0	5,5	10	10	9,7	15	14	21*	29*	69*
	SEM	1,60	1,43	2,0	2,0	1,96	2,1	2,0	2,6	3,0	4,6
Fleisch	MW	67	61	66	65	65	65	56	58	55	48*
	SEM	4,7	4,5	5,2	4,6	4,4	4,6	4,2	4,4	4,5	4,4
Kuchen	MW	26	33	34	43*	52*	58*	67*	68*	65*	66*
	SEM	3,0	2,9	3,3	3,4	3,8	4,2	4,9	4,8	4,3	4,5
Käse	MW	18	20	28*	28*	31*	29*	35*	32*	31*	29*
	SEM	1,5	1,6	2,0	1,9	2,0	1,8	2,3	2,1	2,0	2,2
Kohlenhydrate	MW	93	110	119*	105	106	113	110	115	118*	122*
	SEM	5,7	5,9	6,1	5,9	6,1	6,2	5,9	6,4	7,2	6,4
Wurstwaren	MW	41	33	22*	20*	21*	22*	17*	15*	19*	14*
	SEM	4,2	3,4	2,6	2,4	2,7	3,0	2,4	2,0	2,6	1,9
Obst	MW	149	133	133	137	128	126	116*	125	113*	113*
	SEM	8,6	7,6	7,4	7,9	7,6	6,8	7,1	7,7	7,2	7,2
Paniertes	MW	3,4	7,4	9,4*	9,3*	11*	12*	16*	12*	18*	10*
	SEM	1,02	1,70	1,74	1,84	1,9	1,9	2,5	2,0	2,8	1,9
Sahne	MW	0,56	1,2	1,2	2,0*	2,2*	2,8*	2,6*	2,6*	3,2*	2,4*
	SEM	0,200	0,32	0,42	0,44	0,55	0,59	0,53	0,51	0,69	0,56
Streichfett	MW	5,9	8,3*	8,8*	9,3*	11*	11*	11*	11*	11*	12*
	SEM	0,42	0,64	0,58	0,63	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,9

Insgesamt nimmt die Vitamin-D-Aufnahme von Tag 1 bis Tag 10 um etwa das 53-fache zu, wobei sich die Verzehrsmenge und die Energieaufnahme nur geringfügig erhöhen. Besonders stark steigen mit erhöhter Vitamin-D-Aufnahme auch die Zufuhren von Phosphor, Jod und Vitamin B₁₂. Lebensmittelgruppen, deren Verzehr sich am deutlichsten erhöht, sind Fisch und Eier. Die D-A-CH-Referenzwerte werden sowohl für die Gesamtaufnahme, als auch für die Nährstoffenergiedichte an allen Tagen deutlich unterschritten.

Im Hinblick auf die Veränderungen anderer Vitamine und Mineralstoffe in Tabelle 3.37 zeigt sich, dass mit der Calciumaufnahme auch der Verzehr von β -Carotin, Vitamin D, Vitamin E, Vitamin K, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Folat, Pantothensäure, Biotin, Vitamin B₁₂, Vitamin C, Eisen, Jod, Zink, Natrium, Kalium und Magnesium um den Faktor 1,3 bis 1,9 steigt.

Tabelle 3.37 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Calciumaufnahme aller Studienteilnehmer (MW, *p ≤ 0,05 im Vergleich zur zu Tag 1). Es sind nur die Vitamine und Mineralstoffe aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p- Wert ≤ 0,05 auftritt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
β-Carotin	1973	1967	2340	2554*	2493	2973*	2849*	2868*	2975*	3056*
Vitamin D	2,0	2,4	2,1	3,1	2,7	3,4*	3,4*	2,8	3,0	3,2*
Vitamin E	6,8	7,8 *	8,5*	8,3*	8,8*	9,3*	9,8*	9,0*	9,6*	9,5*
Vitamin K	88	108*	121*	127*	143*	149*	155*	155*	168*	164*
Vitamin B₁	0,78	0,86	0,95*	1,0*	0,96*	1,0*	1,0*	1,0*	1,0*	1,0*
Vitamin B₂	0,68	0,78*	0,87*	0,93*	0,96*	1,0*	1,1*	1,1*	1,2*	1,3*
Niacin	19	20	21 *	23 *	22*	23*	24*	24*	24*	25*
Vitamin B₆	1,0	1,1	1,2*	1,3*	1,2*	1,3*	1,3*	1,3*	1,3*	1,3*
Folat	120	135*	159*	168*	167*	177*	183*	186*	196*	199*
Pantothens.	2,4	2,7*	3,8	3,2*	3,2*	3,5*	3,6*	3,6*	3,7*	3,7*
Biotin	22	24	28 *	35	31 *	33*	34*	34*	35*	36*
Vitamin B₁₂	3,9	4,3	4,9	4,7	4,8	4,7	5,4 *	4,9*	5,4*	5,7*
Vitamin C	67	73	84*	88*	84*	90*	87*	92*	93*	91*
Eisen	7,5	7,6	8,3	8,6	8,5	9,4	9,8	9,3	9,4	9,4*
Jod	44	46	49	56*	59*	60*	75*	63*	76*	79*
Zink	6,5	6,7	7,4	7,6	7,8	8,6*	9,3*	9,5*	9,3*	11*
Natrium	1833	2042*	2196*	2270*	2336*	2417*	2346*	2501*	2598*	2923*
Kalium	1504	1673*	1784*	1967*	1887*	2045*	2062*	2090*	2142*	2133*
Magnesium	150	170*	185*	201*	201*	212*	255*	224*	236*	238*

In Bezug auf die Lebensmittelgruppen erhöhen sich mit der Calciumaufnahme die durchschnittlichen Verzehrsmengen von Brot, Gemüse und Süßigkeiten um etwa das 1,5-fache, von Eiern und Müsli um das etwa Zweifache, von Eis, Joghurt und Quark um etwa das Dreifache, von Dessert um das Vierfache, von Aufläufen um das Fünffache und Käse um das Neunfache, wie aus Tabelle 3.38 abzulesen ist. Betrachtet man die tatsächliche Zunahme in Gramm, so nimmt der Verzehr von Käse am deutlichsten zu. Aber auch die Steigerungen von Gemüse, Joghurt und Brot sind nicht außer Acht zu lassen. Dementgegen nehmen die Verzehrsmengen von Wurstwaren um den Faktor 0,6 ab.

Tabelle 3.38 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Calciumaufnahme aller Studienteilnehmer (MW \pm SEM, *p \leq 0,05 im Vergleich zu Tag 1). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p- Wert \leq 0,05 auftritt.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aufläufe	MW	4,8	6,1	7,6	8,3	9,7	13	14	22*	18*	23*
	SEM	1,59	1,63	2,13	2,19	2,59	3,3	3,0	5,7	3,6	5,0
Brot	MW	109	124*	123*	118	131*	129*	127*	134*	137*	139*
	SEM	3,6	3,8	3,6	3,7	4,3	4,1	4,0	4,0	4,2	3,9
Dessert	MW	6,6	4,1	8,8	11	11	13	14	20*	14	23*
	SEM	1,53	1,05	1,98	2,0	2,1	2,4	2,8	3,3	2,3	4,1
Eier	MW	8,8	8,5	14	12	14	19*	18*	18*	16*	17*
	SEM	1,43	1,14	1,9	1,5	1,8	2,1	2,2	1,9	1,9	1,8
Eis	MW	2,8	2,3	3,8	4,4	4,6	6,8	7,7*	8,0*	7,2*	10*
	SEM	0,87	0,65	1,03	1,03	1,04	1,35	1,47	1,59	1,51	1,7
Joghurt	MW	20	26	38*	42*	36*	43*	52*	50*	57*	60*
	SEM	2,8	3,1	4,4	4,2	4,1	4,5	4,7	4,7	4,9	5,1
Käse	MW	8,2	9,4	14*	16*	21*	23*	28*	37*	52*	72*
	SEM	0,87	0,89	1,3	1,2	1,5	1,5	1,8	1,9	2,3	3,1
Wurstwaren	MW	28	25	31	28	22	22	19	19	14*	17*
	SEM	3,0	3,0	3,4	3,2	2,9	2,7	2,5	2,2	2,1	2,6
Müsli	MW	6,1	4,3	8,2	9,8*	9,0	9,5	9,9	9,7	9,8	12*
	SEM	1,22	0,96	1,31	1,49	1,49	1,55	1,41	1,40	1,37	1,8
Quark	MW	5,1	7,5	8,8	13*	11*	13*	14*	14*	13*	17*
	SEM	1,13	1,31	1,80	2,1	1,8	2,0	2,2	2,7	2,1	2,5
Gemüse	MW	110	124	143*	150*	133*	162*	142*	150*	162*	155*
	SEM	5,8	6,9	7,7	7,3	6,9	7,8	7,6	7,3	7,5	8,3
Süßigkeiten	MW	14	18	17	18	20*	22*	20	24*	23*	21*
	SEM	1,3	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	2,0	2,1	1,9	2,0

Als Resümee nimmt die Calciumaufnahme von Tag 1 bis Tag 10 um etwa das Fünffache zu, wobei sich die Verzehrsmenge und die Energieaufnahme um etwa den Faktor 1,3 erhöhen. Die Zufuhren anderer Vitamine und Mineralstoffe steigen mit erhöhter Calciumaufnahme nur geringfügig an. Käse und Aufläufe stellen die Lebensmittelgruppen dar, deren Verzehr sich am deutlichsten erhöht. Die D-A-CH-Referenzwerte werden sowohl für die Gesamtaufnahme, als auch für die Nährstoffenergiedichte nur am Tag der höchsten Calciumaufnahme erreicht.

Betrachtet man die Zufuhr anderer Vitamine und Mineralstoffe in Tabelle 3.41, so ist beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 eine relativ geringe Steigerung der Verzehrsmengen von β -Carotin, Vitamin E, Vitamin C, Jod, Natrium, Kalium und Folat um den Faktor 1,3 bis 1,9 zu eruieren. Deutlicher steigen die Aufnahmen von Vitamin K, Vitamin B₁, Vitamin B₂, Niacin, Vitamin B₆, Pantothensäure, Biotin, Eisen, Calcium, Phosphor und Magnesium um den Faktor 2,0 bis 2,7. Besonders stark, um den Faktor 5, erhöht sich die Zufuhr von Vitamin B₁₂.

Tabelle 3.41 Durchschnittliche Vitamin- und Mineralstoffaufnahme sortiert nach der täglichen Zinkaufnahme aller Studienteilnehmer (MW, *p ≤ 0,05 im Vergleich zu Tag 1). Es sind nur die Vitamine und Mineralstoffe aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p-Wert ≤ 0,05 auftritt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
β-Carotin	1925	2156	2503*	2433*	2526*	2657*	2601*	2973*	3134*	3141*
Vitamin E	6,9	7,6	7,5	8,2*	8,8*	9,2*	9,2*	9,7*	9,9*	10*
Vitamin K	91	113*	121*	122*	139 *	143*	141*	158*	163*	187*
Vitamin B₁	0,56	0,71*	0,79*	0,87*	0,93*	1,0*	1,1*	1,2*	1,2*	1,4*
Vitamin B₂	0,60	0,71*	0,81*	0,87*	0,97*	0,99*	1,1*	1,2*	1,3*	1,5*
Niacin	13	16*	18*	20*	22*	23*	25*	26*	30*	34*
Vitamin B₆	0,79	0,95*	1,1*	1,1*	1,2*	1,3*	1,3*	1,4*	1,5*	1,6*
Folat	118	138*	148*	161*	179*	174*	177*	183*	193*	219*
Pantothens.	2,0	2,4*	3,5	2,9*	3,2*	3,3*	3,5*	3,7*	4,1*	4,6*
Biotin	20	24*	25*	28*	31*	31*	37*	35*	38*	44 *
Vitamin B₁₂	2,2	2,6	3,3*	3,5*	4,3*	4,1*	5,1*	5,7*	7,3*	11*
Vitamin C	70	79	82*	85*	90*	84*	86*	91*	94*	88*
Eisen	5,3	6,4*	7,2*	7,7*	8,3*	8,8*	9,3*	9,6*	11*	14*
Jod	52	58	60	53	59	64	66*	66*	63*	65*
Natrium	1618	1984*	2041*	2183*	2314*	2518*	2571*	2603*	2719*	2909*
Kalium	1403	1603*	1731*	1796*	1920*	1998*	2022*	2127*	2288*	2399*
Calcium	308	364*	408*	444*	484*	540*	582*	605*	656*	723*
Phosphor	634	800	928	836*	1034*	1818	1935	1225*	1438*	1694*
Magnesium	135	161*	177*	187*	202*	215*	220*	228*	280*	266*

Des Weiteren zeigt sich mit zunehmender Zinkzufuhr ein Anstieg der durchschnittlichen Verzehrsmengen von Brot, Gemüse und Aufschnitt um etwa das 1,5-fache, Fleischwaren, Suppe, Wurstwaren und Eier um etwa das Zweifache, Käse um etwa das Dreifache und Fleisch um etwa das Vierfache, wie aus Tabelle 3.42 abzulesen ist. Betrachtet man dazu die tatsächlichen Grammangaben, so nimmt der Verzehr von Fleisch am deutlichsten zu. Aber auch die Lebensmittelgruppen Brot, Gemüse und Käse zeigen diesbezüglich eine relativ große Steigerung. Die Verzehrsmengen von Fast Food und Fisch nehmen um etwa den Faktor 0,5 und von Obst um den Faktor 0,8 ab.

Tabelle 3.42 Durchschnittliche Mengenaufnahme (g) durch die verschiedenen Lebensmittelgruppen sortiert nach der täglichen Zinkaufnahme aller Studienteilnehmer (MW \pm SEM, * $p \leq 0,05$ im Vergleich zu Tag 1). Es sind nur die Lebensmittelgruppen aufgelistet, bei denen im t-Test beim Vergleich von Tag 1 und Tag 10 ein p -Wert $\leq 0,05$ auftritt.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Brot	MW	98	113*	119*	122*	127*	133*	141*	134*	142*	142*
	SEM	3,4	3,6	3,8	3,4	3,9	4,0	4,0	4,1	4,3	4,3
Eier	MW	7,3	10	9,0	12*	20*	14*	18*	17*	20*	18*
	SEM	1,44	1,4	1,23	1,7	2,2	1,5	2,0	2,0	2,1	2,0
Fast Food	MW	33	27	25	20	18	19	18	18	16*	15*
	SEM	4,5	4,0	3,9	3,5	3,2	3,4	3,4	3,7	3,5	3,0
Fisch	MW	23	24	23	19	19	22	22	18	13*	9,2*
	SEM	2,8	2,9	3,0	2,6	2,7	2,8	2,9	2,6	2,0	1,56
Fleisch	MW	30	36	41	48*	48*	54*	65*	68*	94*	123*
	SEM	3,5	3,7	3,7	4,1	3,7	4,0	4,8	4,5	5,3	6,0
Käse	MW	14	17	20*	22*	26*	29*	33*	36*	40*	43*
	SEM	1,3	1,4	1,5	1,7	1,7	1,9	1,9	2,2	2,5	2,7
Wurstwaren	MW	13	22	19	19	24*	23*	25*	25*	28*	25*
	SEM	1,9	2,9	2,5	2,4	2,6	3,2	2,8	2,7	3,5	3,3
Obst	MW	133	131	140	120	125	136	124	125	130	110*
	SEM	7,6	7,5	8,6	7,1	7,1	7,8	7,4	7,4	7,9	6,7
Gemüse	MW	121	128	137	142	156*	141	143	154*	154*	156*
	SEM	7,0	6,8	7,1	7,8	8,2	7,3	7,0	7,4	7,5	7,5
Fleischwaren	MW	11	12	15	18*	17	15	20*	24*	19*	25*
	SEM	1,5	1,3	1,6	2,0	1,8	1,4	2,0	2,5	2,0	2,9
Suppe	MW	32	47	40	42	43	40	37	48	61*	57*
	SEM	4,5	5,6	6,2	5,9	5,3	5,2	4,6	5,8	7,0	6,7
Aufschnitt	MW	14	17	20	18	19	27*	24*	24*	25*	24*
	SEM	1,5	2,3	1,9	1,8	2,0	2,4	2,2	2,5	2,3	2,4

In der Gesamtheit nimmt die Zinkaufnahme von Tag 1 bis Tag 10 um das Vierfache zu, wobei sich die Verzehrsmenge um etwa den Faktor 1,3 und die Energieaufnahme um etwa den Faktor 1,4 erhöhen. Besonders stark steigt mit erhöhter Vitamin-D-Aufnahme die Zufuhr von Vitamin B₁₂ an. Lebensmittelgruppen, deren Verzehr sich am deutlichsten erhöht, stellen Käse und Fleisch dar. Die D-A-CH-Referenzwerte werden für die Gesamtaufnahme ab Tag 6 und für die Nährstoffenergiedichte ab Tag 3 überschritten.

4 Diskussion

4.1 Adipositas: Ursachen, Folgen und Therapieoptionen

Adipositas kann durch eine ungewöhnliche oder übermäßige Fettansammlung im Fettgewebe, in dem Maße, dass die Gesundheit beeinträchtigt wird, definiert werden (Garrow 1988). Da eine übermäßige Fettansammlung jedoch schwer messbar ist, klassifiziert die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Adipositas mittels des Body-Mass-Index (BMI), wie in Tabelle 4.1 beschrieben (WHO 2000). Der BMI ist durch das Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch die Körpergröße in Metern zum Quadrat definiert.

Tabelle 4.1 Klassifikation des BMI für Erwachsene der WHO (WHO 2000)

BMI	Klassifikation
< 18,5	Untergewicht
18,5 – 24,99	Normalgewicht
≥ 25	Übergewicht
25 – 29,99	Präadipositas
30 – 34,99	Adipositas Grad 1
35 – 39,99	Adipositas Grad 2
≥ 40	Adipositas Grad 3

Die Pathogenese der Adipositas ist meist multifaktoriell bedingt. Eine Ursache ist die „positive Energiebilanz“, d.h. dass die tägliche Energieaufnahme größer als der tägliche Energieverbrauch ist. Laut WHO Europa sei dies auf der einen Seite durch die heutzutage große Verfügbarkeit an Lebensmitteln bedingt, insbesondere durch die Zunahme des Angebotes von bereits verarbeiteten, meist hochkalorischen Nahrungsmitteln. Auf der anderen Seite spiele die Abnahme der körperlichen Aktivität durch vermehrte sitzende Tätigkeiten, z.B. an Computerarbeitsplätzen und den erhöhten Gebrauchs des Pkws beim Zurücklegen auch nur kurzer Strecken eine entscheidende Rolle (WHO-Europa 2006). Laut J. A. Levine et al. besteht zudem eine große intraindividuelle Variabilität der körperlichen Bewegung, die zum einen durch die bewusste Aktivität im Sinne von Sport, zum anderen aber auch durch die wahrscheinlich deutlich genetisch beeinflusste sogenannte Spontanaktivität bedingt ist (Levine et al. 1999). Weiter ist der Punkt nicht außer Acht zu lassen, dass es für den Menschen Jahrhunderte lang ein Überlebensvorteil war, Energie speichern zu können. Erst in einer relativ kurzen Zeit, dem letzten Jahrhundert, kam es zu einer Umkehr des Verhältnisses zwischen Nahrungsangebot und Bewegung. Langfristige Anpassungen, die eine Nahrungsaufnahme begrenzen, gibt es bis jetzt noch nicht (Hill 2006).

In selteneren Fällen gibt es monogenetisch bedingte Formen der Adipositas. Es sind zahlreiche Mutationen auf verschiedensten Genen bekannt, die zu einer veränderten Nahrungsaufnahme führen (Rankinen et al. 2006). Ebenfalls kann durch Medikamente (wie z. B. Antidepressiva, Neuroleptika, Antidiabetika, Insulin, Glukokortikoide und Betablocker) oder endokrine Erkrankungen (wie z.B. Hypothyreose und Cushing-Syndrom) eine Gewichtszunahme ausgelöst werden (Hauner 2007). Bei den meisten adipösen Personen stellt wohl die Kombination aus Essverhalten, positiver Energiebilanz, Umwelteinflüssen und prädisponierenden Genen die Ursache dar.

Die Adipositas geht mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität einher (WHO-Europa 2007, Pischon et al. 2008, Flegal et al. 2013, Ng et al. 2014). In Zahlen ausgedrückt liegt laut Peeters et. al die Lebenserwartung einer nichtrauchenden 40-jährigen Frau bei Übergewicht um 3,3 Jahre und bei Adipositas sogar um 7,1 Jahre niedriger als der Durchschnitt der Bevölkerung. Die Reduktion der Lebenserwartung der Männer zeigt ähnlich hohe Werte (Peeters et al. 2003). In Europa geht man insgesamt von mehr als 300.000 Todesfällen jährlich durch die Adipositas und ihre Folgeerkrankungen mit steigender Tendenz aus, weltweit wird die Zahl der Todesfälle durch einen erhöhten BMI für das Jahr 2010 auf 3,4 Millionen geschätzt (Banegas et al. 2003, Lim et al. 2012). Für die mit der Adipositas assoziierten zahlreichen Folgeerkrankungen ermittelte die WHO ein sogenanntes Relatives Risiko (RR), das in drei verschiedene Kategorien eingeteilt wurde. Ein stark erhöhtes Risiko ($RR > 3$) zeigt sich für Diabetes Typ 2, Dyslipidämie, Gallenblasenerkrankungen, Atemnot und Schlafapnoe. Ein moderat erhöhtes Risiko ($RR = 2-3$) besteht für Koronare Herzerkrankungen, Hypertonie, Osteoarthritis, sowie für Hyperurikämie und Gicht. Ein leicht erhöhtes Risiko ($RR = 1-2$) liegt für Karzinome (z. B. Mamma-, Kolon- und Endometriuskarzinom), endokrine Störungen in Bezug auf Sexualhormone, das Polyzystisches Ovarialsyndrom, gestörte Fertilität, Rückenschmerzen und Komplikationen bei Anästhesie vor (WHO 2000).

Es ist von großer sozioökonomischer Bedeutung, die beschriebenen Morbiditäten und Mortalitäten der Adipositas durch effiziente Therapien zu reduzieren (Kuntz und Lampert 2010). Dafür stehen zahlreiche Therapieoptionen zur Verfügung, die individuell auf die Gegebenheiten der Patienten angepasst werden müssen (Hauner 2011). Prinzipiell können konservativ-diätetischen und chirurgische Therapieformen unterschieden werden. Die „konservativ-diätetische Therapie“ stellt die wichtigste Therapieoption dar und kann laut Sassen grundsätzlich in fünf verschiedene Ansätze unterteilt werden. Die „Low-carb Diät“ führt durch eine Reduktion der Kohlenhydratzufuhr zu einer verringerten Energieaufnahme, wobei eine relative Erhöhung der Zufuhr von Proteinen eine ausreichende Sättigung bewirken soll. Bei der „Low-calorie Diät“ wird die tägliche Energieaufnahme auf 800 bis 1800 kcal beschränkt, währenddessen die prozentuale Zusammensetzung der Makronährstoffe gleich bleibt. Der Ansatz der „Very-low-calorie Diät“ zeichnet sich durch eine extrem niedrige Energieaufnahme von maximal 800 kcal aus. Dabei werden häufig ganze Mahlzeiten durch Protein-Shakes oder Ähnliches ersetzt. Die „Low-fat Diät“ definiert sich hingegen durch eine Reduktion der Fettzufuhr. Bei gleicher Verzehrsmenge kann durch den geringeren Energiegehalt der als Ersatz verzehrten Kohlenhydrate und Proteine eine Gewichtsreduktion erzielt werden. Schließlich versucht die „Low-energy-density Ernährung“ durch eine Ernährungsumstellung auf Lebensmittel mit geringerer Energiedichte bei gleicher Verzehrsmenge eine Reduktion der Energiezufuhr zu erreichen. Eine Gewichtsreduktion von initial 10 % ist bei den meisten dieser Diäten im Bereich des Möglichen (Sassen 2010).

Die operative Therapie umfasst drei Standard-Operationen: Magenband, Magenbypass und biliopankreatischer Bypass (Elder und Wolfe 2007). Die gewichtsreduzierende Wirkung tritt dabei durch Restriktion und/oder Malabsorption ein (Pories 2008). Vor allem schwerst adipöse Patienten mit einem BMI größer 40 kg/m² profitieren von dieser Therapie (Maggard et al. 2005). Auch wenn diese Option vergleichsweise viel Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit erlangt, muss im Besonderen auch auf die klaren Defizite dieser Therapie hingewiesen werden. Operierte Patienten zeigen Nebenwirkungen wie Erbrechen, gastroösophagealen Reflux, Elektrolytstörungen, in seltenen Fällen auch Leberversagen, Nierensteine und autoimmune Erkrankungen (Elder und Wolfe 2007). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass nur etwa 1,5 % der Adipösen in Deutschland einen BMI größer 40 kg/m² aufweisen (Max Rubner-Institut 2008). Folglich ist diese Therapie nur für einen kleinen Prozentsatz der Erkrankten überhaupt eine Option.

4.2 Mikronährstoffaufnahme bei normalgewichtigen und adipösen Personen

Da die Morbidität und Mortalität der Adipositas durch eine effiziente Therapie reduziert werden kann, ist von großer Bedeutung diese Therapie noch weiter zu verbessern (Clifton 2008). Dafür ist es essenziell, zu verstehen, welches Verzehrverhalten zum Auftreten der Adipositas führt und zu ermitteln, ob Defizite, z.B. bezüglich Mikronährstoffen, bereits vor einer Therapie bestehen. Vergleicht man diese Ausgangswerte zusätzlich mit den Daten von Normalgewichtigen, so können Unterschiede ermittelt und dadurch spezifische Defizite von Adipösen besser erkannt werden. In der Literatur wird zwar von einer Korrelation zwischen Adipositas und Mikronährstoffdefiziten berichtet, bis zum jetzigen Zeitpunkt gibt es aber kaum Studien, die die Aufnahme von Vitaminen und Mineralstoffen Adipöser und Normalgewichtiger vergleichen (Garcia et al. 2009). Auch die bevölkerungsrepräsentativen Studien BVS II und NVS II führten keine Analyse in Bezug auf den BMI durch (Himmerich et al. 2007, Max Rubner-Institut 2008). In der vorliegenden Studie werden deshalb die Verzehrdaten von adipösen und normalgewichtigen Personen bezüglich einer defizitären Aufnahme von Vitaminen und Mineralstoffen verglichen. Da es in Gewichtsreduktionsprogrammen durch eine Reduktion der Nahrungsmenge zusätzlich zu einer verminderten Aufnahme bestimmter Mikronährstoffe kommen kann, wird im Folgenden anhand von Erkenntnissen aus Studien über die Mikronährstoffzufuhr während Gewichtsreduktionprogrammen diskutiert, welche Vitamine und Mineralstoffe bei einer Therapie der Adipositas als kritisch zu betrachten sind und welche Konsequenzen daraus gezogen werden sollten.

4.2.1 Mikronährstoffaufnahme vor Reduktion der Nahrungsmenge

Bei den adipösen Teilnehmern der vorliegenden Studie handelt es sich um Patienten einer auf die Therapie von Übergewicht spezialisierten Universitätsambulanz. Fast alle diese Personen gaben an, im Vorfeld bereits zahlreiche Diäten durchgeführt zu haben. Dadurch muss von einem gezielten Essverhalten der adipösen Teilnehmer ausgegangen werden. Aus einer früheren Publikation von Schusdziarra et al. ist zudem bekannt, dass viele dieser Patienten einen deutlich verminderten Grundumsatz aufweisen, der durch das hohe Körpergewicht bei einem durchschnittlichen BMI von 40 kg/m² bedingt ist (Schusdziarra et al. 2014). Die Generalisierbarkeit der Daten ist deshalb nur bedingt möglich. Jedoch ist zu betonen, dass es sich hierbei um sogenannte Real World Bedingungen handelt. In der Realität suchten die

adipösen Teilnehmer der vorliegenden Studie eine Adipositas-Ambulanz auf und sind somit genau die Personen, die tatsächlich eine konservativ-diätetische Therapie durchführen.

Beim Vergleich der Daten der gesamten Teilnehmer der vorliegenden Studie fällt auf, dass die adipösen Personen signifikant älter als die normalgewichtigen Personen und die Frauen mit einem Anteil von ca. 67 % in der vorliegenden Studie überrepräsentiert sind. Zudem sind die Energieaufnahme und die Energiedichte in der adipösen Gruppe signifikant niedriger als in der normalgewichtigen Gruppe. Dies kann zum einem durch das gezügelte Essverhalten der adipösen Teilnehmer begründet werden. Zum anderen könnte auch das von Stice et. al beschriebene Underreporting bei erhöhten BMI eine Rolle spielen (Stice et al. 2015). Um trotzdem eine Vergleichbarkeit der beiden Gruppen in Bezug auf die Mikronährstoffaufnahme zu gewährleisten, erfolgte in der vorliegenden Studie ein Matching der beiden Gruppen nach Alter und Geschlecht. Daraufhin war kein Unterschied in Bezug auf die Verzehrsmengen, Energieaufnahmen und Energiedichten zwischen den beiden Gruppen zu erkennen.

Bezüglich der Mikronährstoffaufnahmen kann eine höhere Zufuhr von Natrium und Vitamin B₁₂ und ein geringerer Verzehr von Eisen, Kalium, Calcium, Magnesium, Folat, Biotin, β -Carotin, Vitamin E und Vitamin K der adipösen verglichen mit der normalgewichtigen Teilnehmern ermittelt werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Unterschiede der Mikronährstoffzufuhren zwischen den beiden Gruppen insgesamt nur relativ gering ausfallen. Wahrscheinlich kommen die errechneten signifikanten Unterschiede zum Teil auch durch die große Anzahl an analysierten Ernährungsprotokollen zu Stande. Begründungen für die höheren Zufuhren der adipösen Gruppe von Natrium und Vitamin B₁₂ sind der höhere Verzehr von Fleisch, Aufschnitt und Wurstwaren. Zudem kann der niedrigere Verzehr der adipösen Gruppe von Kalium, Magnesium, Folat, β -Carotin und Vitamin K durch den geringeren Verzehr von Obst erklärt werden. Eine Begründung für den geringeren Verzehr der adipösen Gruppe von Vitamin E stellt der niedrigere Verzehr von Streichfetten dar. Weshalb die adipöse Gruppe niedrigere Werte für Calcium aufweist, ist durch diese Studie nicht eindeutig erklärbar. Der höhere Verzehr von Käse und Quark ist dabei widersprüchlich. Ein Zusammenhang könnte mit dem niedrigeren Verzehr von Streichfett, Kuchen und Dessert bestehen. An dem Verzehr dieser Lebensmittelgruppen ist wiederum das stark veränderte Verzehrverhalten der adipösen Teilnehmer erkennbar. Die Unterschiede der Zufuhr von Eisen und Biotin sind ebenfalls in der vorliegenden Studie nicht eindeutig aus den analysierten Lebensmittelgruppen ableitbar. Die errechneten signifikanten Unterschiede könnten auch in diesem Zusammenhang durch die große Anzahl der ausgewerteten Ernährungsprotokolle bedingt sein. Relativ betrachtet sind die Unterschiede der Zufuhren

dieser beiden Mikronährstoffe zwischen den beiden Gruppen jedoch nicht von besonders großem Ausmaß. Zusammenfassend können in der vorliegenden Studie aufgrund des geringeren Verzehrs der adipösen Teilnehmer im Vergleich zu den normalgewichtigen Teilnehmern die Ausgangswerte von Eisen, Kalium, Calcium, Magnesium, Folat, Biotin, β -Carotin, Vitamin E und Vitamin K als kritische Mikronährstoffe bezeichnet werden. Betrachtet man zudem die prozentualen Anteile an den Referenzwerten bei den adipösen Teilnehmern, so sind Jod, Calcium, Magnesium, Folat, Pantothersäure, β -Carotin und Vitamin D als defizitär einzustufen. Fasst man diese beiden Sachverhalte zusammen, so können als Ergebnis vier Mikronährstoffe ermittelt werden, die, sowohl das Kriterium „geringerer Verzehr von den Adipösen“, als auch das Kriterium „deutliche Unterschreitung der Referenzwerte“ erfüllen. Dabei handelt es sich um Calcium, Magnesium, Folat und β -Carotin.

4.2.2 Mikronährstoffaufnahme während Reduktion der Nahrungsmenge

Um diese Defizite in den Ausgangswerten weitergehend zu bewerten, müssen Erkenntnisse aus Studien über die Mikronährstoffaufnahmen während Gewichtsreduktionprogrammen hinzugezogen werden. Eine der ausführlichsten Studien hierzu wurde von Benezra et al. erstellt. Sie beschreibt die Verzehrdaten von gesunden, aber übergewichtigen prämenopausalen Frauen, die durch Ernährungsprotokolle vor und während eines Gewichtsreduktionsprogramms ermittelt wurden, das sich durch eine Reduktion der Energieaufnahme auszeichnete. Im Hinblick auf die Mikronährstoffaufnahmen nahm die Zufuhr von Vitamin E während des Gewichtsreduktionsprogramms am deutlichsten ab. Auch der Verzehr von Calcium und Eisen zeigte im Verlauf niedrigere Werte. Die Aufnahme von Zink nahm in den ersten Wochen ab, jedoch in den anschließenden Wochen wieder zu. Die Zufuhr von Folat zeigte vor und während der Studie niedrige Werte (Benezra et al. 2001). In einer Studie von Ashley et al. wurden zudem die Mikronährstoffzufuhren von übergewichtigen und adipösen Frauen zwischen den Therapieoptionen einer „Traditional Food Group“ und einer „Meal Replacement Group“ verglichen. Die „Traditional Food Group“ zeigte eine defizitäre Aufnahme für Calcium, Vitamin E, Pantothersäure, Folat und Magnesium. Bei der „Meal Replacement Group“ bestand lediglich ein Mangel für Calcium und Vitamin K (Ashley et al. 2007). Weitere Studien beschreiben ebenso Calcium, Magnesium und Eisen bei beiden Geschlechtern und Vitamin B₁ und Vitamin B₂ bei Männern als kritische Mikronährstoffe während einer Reduktion der Nahrungsmenge (Wing et al. 1986, Grzybek et al. 2002).

4.2.3 Fazit

Als Fazit der vorliegenden Studie über die Mikronährstoffaufnahme vor einer Reduktion der Nahrungsmenge und den beschriebenen Studien über die Mikronährstoffaufnahme während einer Reduktion der Nahrungsmenge, lassen sich Calcium und Magnesium als die Mikronährstoffe ermitteln, deren Zufuhr als besonders kritisch einzustufen ist. Calcium zeigt zum einen als Ausgangswert in der vorliegenden Studie niedrigere Werte in der adipösen verglichen mit der normalgewichtigen Gruppe und unterschreitet dabei die empfohlene Zufuhr deutlich. Zum anderen ist dieser Mineralstoff, der am häufigsten als kritisch bezeichnete Mikronährstoff in den oben genannten Studien über die Vitamin- und Mineralstoffaufnahme während einer Reduktion der Nahrungsmenge (Wing et al. 1986, Benezra et al. 2001, Ashley et al. 2007). Aus diesen Gründen sollte Calcium die größte Beachtung bei der Therapie adipöser Personen zugeschrieben werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, da in der Literatur zudem eine erhöhte Calcium-Resorption im Knochen während einer Gewichtsreduktion beschrieben wird (Bowen et al. 2004). Bei Adipösen sollte deshalb auf eine gezielte Zufuhr von Calcium, bevorzugt durch die Nahrung, z. B. durch Milch, Milchprodukte, Brokkoli, Grünkohl, Rucola und Nüsse, geachtet werden (Souci et al. 2008, Reid 2014). Da Milchprodukte jedoch häufig eine hohe Energiedichte aufweisen, was nicht zweckmäßig für das Ziel einer Gewichtsreduktion ist, sollte auf einen Verzehr von energiereduzierten Formen geachtet werden (Schusdziarra und Hausmann 2010). Eine Supplementation kann ebenfalls in Erwägung gezogen werden. Jedoch wird dies in der Literatur kontrovers diskutiert, da eine Supplementation für eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung von kardiovaskulären Ereignissen, Nierensteinen und gastrointestinalen Syndromen verantwortlich sein soll (Reid 2014).

Des Weiteren ist die Aufnahme von Magnesium sowohl in der vorliegenden Studie als auch in den Studien von Grzybek et al. und Ashley et al. als kritisch einzustufen (Grzybek et al. 2002, Ashley et al. 2007). Dies ist von Bedeutung, da dieses Mengenelement eine entscheidende Rolle bei der zellulären Erregbarkeit und Erregungsleitung spielt (Morlion 2010). Folglich kann es bei Defiziten zu Funktionsstörungen der Herz- und Skelettmuskulatur kommen (DGE et al. 2013). Darüber hinaus wird in einer Studie von Guasch-Ferre et al. beschrieben, dass eine hohe Magnesiumzufuhr präventive Effekte in Bezug auf kardiovaskuläre Erkrankungen habe, für die Übergewicht einen Risikofaktor darstellt (Halle et al. 1999, Guasch-Ferre et al. 2014). Aus diesen Gründen sollte auf eine regelmäßige Magnesiumzufuhr durch den Verzehr von Vollkorngetreideprodukten, Milch- und Milchprodukten, Gemüse und Obst geachtet werden (Souci et al. 2008). Der Verzehr von

Obst ist dabei von besonderer Bedeutung, da in der vorliegenden Studie die geringere Zufuhr von Magnesium, aber auch von Kalium, Folat, β -Carotin und Vitamin K der Adipösen verglichen mit den Normalgewichtigen durch den geringeren Verzehr von Obst erklärt werden kann. Ist die Zufuhr von Magnesium durch die Nahrung allein nicht ausreichend, sollte eine Supplementation in Erwägung gezogen werden. Die Rolle einer Magnesiumsupplementation in Bezug auf die Therapie von Diabetes mellitus Typ 2 wird in der Literatur diskutiert (Barbagallo und Dominguez 2015). Weitere Forschungsergebnisse zu dieser Thematik bleiben abzuwarten.

4.2.4 Vergleich mit anderen Studien

Beim Vergleich der vorliegenden Studie mit anderen Studien, die jedoch nur das Essverhalten adipöser Teilnehmer analysierten, zeigen sich vergleichbare Werte bezüglich der Verzehrsmenge und der Energieaufnahme (Schusdziarra et al. 2009, Schusdziarra et al. 2012). In Bezug auf die Vitamin- und Mineralstoffaufnahmen sind in anderen Studien zum Teil höhere und zum Teil niedrigere Werte als in der vorliegenden Studie erkennbar (Wing et al. 1986, Benezra et al. 2001, Ashley et al. 2007). Dies deutet auf große Schwankungen der Mikronährstoffaufnahmen hin, die z. T. auch durch die unterschiedlichen Datenerfassungen und Datenauswertungen auf Grundlage von verschiedenen und unterschiedlich aktualisierten Nährstoffdatenbanken entstanden sind (Linseisen und Wolfram 1997). Eine Standardisierung der Erhebungsmethoden und der Auswertungsprogramme wäre notwendig, um besser vergleichbare Studien zu gestalten.

4.3 Vergleich mit der NVS II

Ein Vergleich mit der NVS II ist aufgrund des unterschiedlichen Studiendesigns nur bedingt möglich. Die Daten der Teilnehmer der vorliegenden Studie wurden mittels eines 10-tägigen Ernährungsprotokolls ermittelt. Dies ist eine sehr genaue Methode, um Verzehrdaten zu analysieren und anderen Methoden wie der „Diet-History“ und dem „24-h-recall“, die in der NVS II verwendet wurden, deutlich überlegen (Bingham et al. 1994, Hausmann et al. 2007, Max Rubner-Institut 2008). Unterschiede können durch die Verwendung verschiedener Programme bei der Auswertung begründet werden. In der vorliegenden Studie wurde die Software Prodi®, in der NVS II die Programme DISHES und EPIC-SOFT verwendet. Einer der größten Unterschiede ist, dass die NVS II eine bevölkerungsrepräsentative Studie darstellt und deshalb auch eine viel größere Anzahl an Personen auswertete. In der vorliegenden Studie wurden hingegen nur Teilnehmer aus dem Raum Bayern in die Analyse miteinbezogen. Außerdem ist nicht außer Acht zu lassen, dass die Daten der NVS II über das gesamte Jahr ermittelt wurden, während der Hauptteil der Daten der vorliegenden Studie in kürzeren Zeitrahmen gesammelt wurde (Max Rubner-Institut 2008). Auch wenn es zum Teil Abweichungen zu den Daten der NVS II gibt, ist zu beachten, dass die Werte der vorliegenden Studie beim Vergleich der verschiedenen Gruppen annähernd hohe Werte aufweisen und dadurch in sich stimmig sind.

Insgesamt analysierte die NVS II eine sehr viel größere Anzahl an Teilnehmern ($n = 19.329$) als die vorliegende Studie ($n = 479$) und auch für die tägliche Energieaufnahme wurden in der NVS II (2413 kcal/d bei Männern und 1833 kcal/d bei Frauen) höhere Werte im Vergleich zur vorliegenden Studie (1819 kcal/d bei Männern und 1508 kcal/d bei Frauen) ermittelt. Ebenso weisen die Altersgruppen der vorliegenden Studie deutlich geringere Fallzahlen im Vergleich zur NVS II auf, weshalb die statische Auswertung teilweise nur bedingt aussagekräftig ist.

Analog zur NVS II ist in der vorliegenden Studie eine Abnahme der Energiezufuhr mit zunehmendem Alter erkennbar. Lediglich die jüngste Gruppe der Frauen fällt in der vorliegenden Studie aus diesem Schema, was unter anderem durch die besonders geringe Fallzahl dieser Gruppe begründet werden kann. Vergleicht man die Zufuhr der Mikronährstoffe, so variiert der Anteil der Werte der vorliegenden Studie an den Werten der NVS II zwischen 48 % für Calcium und 99 % für Vitamin B₁₂ bei den Altersgruppen der Frauen. Dementsprechend sind bezogen auf die Altersgruppen der Männer Anteile zwischen 47 % für β -Carotin-Werte und 93 % für Vitamin B₁₂ erkennbar (Max Rubner-Institut 2008).

4.3.1 Vitamine

Die Hauptaussage der NVS II bezüglich der Vitaminaufnahme lautet: *„Bei den meisten Vitaminen entspricht die Zufuhr den Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr, deutlich darunter liegt die Zufuhr bei Vitamin D und Folsäure. 79% der Männer und 86% der Frauen unterschreiten die Empfehlung für die Folsäurezufuhr. Die Anteile steigen mit zunehmendem Alter. 82% der Männer und 91% der Frauen unterschreiten die Empfehlung für die Vitamin D-Zufuhr. In besonderem Ausmaß trifft dies auf junge Erwachsene und Senioren zu.“* (Max Rubner-Institut 2008)

Vitamin D stellt auch in dieser Dissertation das Vitamin dar, dessen Verzehr den geringsten Anteil aller ermittelten Vitamine an den D-A-CH-Referenzwerten aufweist. Der durchschnittliche Anteil an den Referenzwerten der Nährstoffenergiedichte der Frauen liegt bei 16 % und der Männer bei 21 %. Auch aufgrund dieser Problematik wurde die Vitamin-D-Zufuhr in der vorliegenden Studie mit Hilfe einer intraindividuellen Analyse im Speziellen untersucht und in Kapitel 4.5 diskutiert. Zudem liegt ebenfalls die Folsäurezufuhr der Frauen in der vorliegenden Studie deutlich unter den empfohlenen Referenzwerten. Im Durchschnitt werden nur 69 % der empfohlenen Zufuhr bezüglich der Nährstoffenergiedichte erreicht. Bei den Männern beträgt dieser Anteil 83 %. Zusätzlich ist in der vorliegenden Studie eine sehr niedrige Zufuhr von β -Carotin zu erkennen. Im Durchschnitt beträgt der Anteil der Frauen 75 % und der Männer 58 % an den betreffenden Referenzwerten der Nährstoffenergiedichte. Zudem ist die Zufuhr von Pantothersäure der Frauen mit einem Anteil von 64 % an den Referenzwerten in der vorliegenden Studie als defizitär einzustufen.

4.3.2 Mineralstoffe

Auch für die Mineralstoffaufnahme hat die NVS II eine Hauptaussage beschrieben: *„Die Zufuhr der Mineralstoffe Natrium, Kalium, Magnesium und Zink liegt über den Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr. Ein Risikonährstoff in der Bevölkerung ist Jod. Wenn kein Jodsalz verwendet wird, erreichen 96% der Männer und 97% der Frauen die Empfehlung für die Jodzufuhr nicht. Unter Verwendung von jodiertem Speisesalz für alle Mischungen und Rezepte des BLS würden nur noch 28% der Männer und 53% der Frauen unter der Empfehlung für die Jodzufuhr liegen. Bei Frauen im gebärfähigen Alter ist zusätzlich die Eisenzufuhr problematisch. Über 75% der Frauen unterschreiten in diesem Alter die Empfehlung für die Eisenzufuhr. Ein weiterer kritischer Nährstoff ist Calcium. Von den weiblichen Jugendlichen (14-18 Jahre) unterschreiten 74% die Empfehlung für die*

Calciumzufuhr, bei den älteren Männern und Frauen (65-80 Jahre) sind es 61% bzw. 65%.“
(Max Rubner-Institut 2008)

Vergleicht man diese Aussagen mit den Erkenntnissen der vorliegenden Studie, so liegen die Verzehrsdaten von Natrium, Kalium und Zink ebenfalls in nahezu allen Altersgruppen über 100 % der Referenzwerte. Die empfohlene Zufuhr für Magnesium wird jedoch in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte von Frauen nur zu 83 % und von Männern nur zu 88 % erreicht. Des Weiteren stellt auch in der vorliegenden Studie Jod den Mineralstoff dar, dessen Zufuhr am deutlichsten von den Referenzwerten abweicht. Die Anteile an den betreffenden Referenzwerten der Nährstoffenergiedichte der Frauen betragen 37 % und der Männer 48 %. Ebenso besteht auch in der vorliegenden Studie eine defizitäre Aufnahme von Calcium. Für Frauen beläuft sich dabei der Anteil an den Referenzwerten auf 60 %, für Männer auf 73 %. Zudem ist bei den beiden älteren Gruppen der Männer in der vorliegenden Studie eine signifikant niedrigere Zufuhr von Calcium als in den beiden jüngeren Gruppen zu erkennen. Eine ausführliche Beschreibung der intraindividuellen Calciumzufuhr ist in Kapitel 4.6 zu finden. Letztendlich sind auch Parallelen der beiden Studien bezüglich der Eisenzufuhr zu erkennen. Bei den zwei jüngeren Gruppen der Frauen liegen in der vorliegenden Studie ebenfalls niedrige Werte bezüglich der Referenzwerte der Nährstoffenergiedichte als in den zwei älteren Gruppen vor.

4.3.3 Phosphor, Pantothersäure und Vitamin K

Darüber hinaus ist von Bedeutung, dass im Unterschied zur NVS II in der vorliegenden Studie zusätzlich die Zufuhren von Phosphor, Pantothersäure und Vitamin K analysiert wurden. Die Aufnahme von Phosphor zeigt keine beträchtlichen Unterschiede zwischen den Altersgruppen der Frauen und Männer. Die Referenzwerte werden von den meisten Teilnehmern deutlich überschritten. Pantothersäure wird hingegen von der ältesten Gruppe der Frauen in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte im Vergleich mit den drei jüngeren Altersgruppen vermehrt aufgenommen. Die Anteile an den Referenzwerten der Nährstoffenergiedichte belaufen sich bei den Frauen auf 64 % und bei den Männern auf 86 %, weshalb bei den Frauen, wie bereits beschrieben, von einer defizitären Zufuhr ausgegangen werden kann. Vitamin K wird in Bezug auf die Nährstoffenergiedichte von der ältesten Gruppe der Männer vermehrt aufgenommen. Die Referenzwerte für Vitamin K werden in der vorliegenden Studie von allen Gruppen deutlich überschritten.

4.4 Vitamin C

Zusätzlich zu den Gruppenanalysen erfolgte in der vorliegenden Studie eine intraindividuelle Analyse exemplarisch für die vier Mikronährstoffe Vitamin C, Vitamin D, Calcium und Zink, die jeweils einen Vertreter der vier Gruppen: wasserlösliche Vitamine, fettlösliche Vitamine, Mengenelemente und Spurenelemente darstellen und im weitesten Sinne alle knochenrelevante Mikronährstoffe sind (Gröber 2012). Durch diese ausführliche Untersuchung können Tag-zu-Tag-Schwankungen zwischen den zehn einzelnen Tagen analysiert und zudem Abhängigkeiten mit anderen Parameter, wie z. B. den Verzehrdaten und den Lebensmittelgruppen, besser erkannt werden.

Vitamin C, ein Sammelbegriff für die L-Ascorbinsäure und deren Derivate, die qualitativ die gleiche biologische Wirkung zeigen, kann vom Menschen selbst nicht gebildet werden (Hauser 2008). Hohe Konzentrationen an Vitamin C sind in Obst und Gemüse, im Speziellen in Zitrusfrüchten, Kartoffeln, Paprika, Broccoli und Rosenkohl enthalten (Souci et al. 2008). Wie Hauser beschreibt, wird bereits ein kleiner Teil des Vitamins C in der Mundschleimhaaresorbiert, der größte Teil jedoch erst im Jejunum und Ileum aufgenommen. Im Blut wird das Vitamin C als Dehydroascorbinsäure vorwiegend frei zu den Zielzellen transportiert, wo es wieder zu Ascorbinsäure zurückgewandelt wird. Die Ausscheidung erfolgt überwiegend über den Urin, erst ab einer Dosis von mehr als 3 g/d erfolgt sie über den Fäzes. Als Elektronenakzeptor bzw. -donor oder als Radikalfänger wirkt L-Ascorbinsäure als Antioxidationsmittel und stellt eine Schutzfunktion bei Elektronenübertragungsreaktionen oder Reaktionen dar, bei denen Radikale entstehen. Ein Beispiel dafür ist die Reduktion von Methämoglobin zu Hämoglobin. Eine entscheidende Rolle nimmt es zudem als Cofaktor von verschiedenen Hydroxylierungsreaktionen ein, welche z.B. an der Steroidhormonsynthese und der Kollagenbiosynthese u. a. auch des Knochens beteiligt sind. Ebenfalls ist L-Ascorbinsäure Cofaktor von Oxygenierungsreaktionen, die eine wichtige Rolle bei der Carnitin- und Noradrenalinbiosynthese spielen. Darüber hinaus ist Vitamin C an zahlreichen Entgiftungsreaktionen in der Leber und der Steigerung der Eisenresorption im Darm beteiligt. Bei lang andauerndem Vitamin-C-Mangel tritt das Krankheitsbild Skorbut auf. Symptome sind Zahnfleischbluten, Haut- und Knochenveränderungen, Muskelschwäche und Gelenkschmerzen. Für einen geringeren Vitamin-C-Mangel sind Schwäche, Müdigkeit, Zahnfleischschwellungen und eine erhöhte Infektanfälligkeit typisch. Da Vitamin C ein wasserlösliches Vitamin ist, sind Vitamin-C-Überdosierungen nicht bekannt (Hauser 2008).

4.4.1 Gesamte Studienteilnehmer

Betrachtet man die gesamten Teilnehmer der vorliegenden Studie, so nimmt die Vitamin-C-Zufuhr vom Tag der geringsten zum Tag der höchsten Aufnahme um etwa das Neunfache zu. Diese Unterschiede können hauptsächlich durch die Unterschiede des Verzehrs von Obst und Gemüse erklärt werden. Zudem erfolgt die Zunahme an Vitamin C hauptsächlich durch eine größere Mengenaufnahme. Die Energiedichte nimmt dabei ab. Dies ist mit der Tatsache zu erklären, dass Obst und Gemüse einen relativ niedrigen Energiegehalt aufweisen (Schusdziarra und Hausmann 2010). Ebenfalls können die größeren Zufuhren von Folat, Vitamin K und β -Carotin durch den höheren Verzehr von Obst und Gemüse erklärt werden. Die relativ großen Schwankungen der intraindividuellen Vitamin-C-Aufnahme (Zunahme um das Neunfache) sind durch die relativ großen Schwankungen der Obst- und Gemüse-Aufnahmen (Zunahme um das Vierfache) zu erklären. Daraus folgt, dass es auch große tagesabhängige Unterschiede des prozentualen Anteils an den Referenzwerten gibt. Für die Gesamtaufnahme werden die Referenzwerte an drei und für die Nährstoffenergiedichte an fünf von zehn Tagen erreicht. Somit wird die empfohlene Zufuhr für Vitamin C an den meisten Tagen unterschritten. Jedoch gibt es auch Tage, an denen die Referenzwerte deutlich überschritten werden. An Tag 10 liegt z. B. der Anteil an den Referenzwerten bei 191 %.

4.4.2 Adipöse und Normalgewichtige

Vergleicht man die adipösen mit den normalgewichtigen Teilnehmern, so kann kein signifikanter Unterschied bezüglich der Vitamin-C-Aufnahme ermittelt werden. Im Durchschnitt werden die Referenzwerte der Nährstoffenergiedichte von beiden Gruppen erreicht. Jedoch ist in der vorliegenden Studie auffällig, dass in der adipösen Gruppe ein geringerer Verzehr von Obst ($120 \pm 4,2$ g) im Vergleich zur normalgewichtigen Gruppe ($136 \pm 4,3$ g) zu erkennen ist.

4.4.3 Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II

Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern nimmt die Vitamin-C-Aufnahme in der vorliegenden Studie mit dem Alter zu, was durch die analoge Zunahme des Verzehrs von Obst und Gemüse erklärt werden kann. Insgesamt liegt die Vitamin-C-Zufuhr in der vorliegenden Studie bei den Frauen und den Männern deutlich niedriger als in der NVS II, was wahrscheinlich durch die unterschiedlichen Erhebungsmethoden zustande kommt (Max Rubner-Institut 2008). Die Studie von Benezra et. al beschreibt Aufnahmewerte, die zwischen den Werten der vorliegenden Studie und der NVS II liegen (Benezra et al. 2001).

4.4.4 Referenzwerte

Es stellt sich somit die Frage, ob bei den Teilnehmern der vorliegenden Studie eine defizitäre Zufuhr von Vitamin C vorliegt. Zahlreiche Studien befassten sich mit der Ermittlung eines angemessenen Referenzwertes für die Vitamin-C-Zufuhr (Ausman 1999, Carr und Frei 1999). Dabei ist einerseits von Bedeutung, dass ein Vitamin-C-Mangel zu Symptomen wie allgemeiner Müdigkeit, Infektanfälligkeit und schlechter Wundheilung führen kann; andererseits sollten bei der Festlegung des Referenzwertes auch die präventiven Effekte des Antioxidans berücksichtigt werden (DGE et al. 2013). In einer Analyse von biochemischen, klinischen und epidemiologischen Studien wurde eine Vitamin-C-Zufuhr von 90-100 mg/d ermittelt, um eine Reduktion der Morbidität und Mortalität infolge von Krebs- und Herz-Kreislaufkrankungen zu erreichen (Carr und Frei 1999). U. a. aufgrund dieser Studie legten die DGE, ÖGE und SGE den Referenzwert auf 100 mg/d fest (DGE et al. 2013). Für das Verständnis des Auftretens eines Defizites ist es darüber hinaus wichtig zu verstehen, in welchem Maße Vitamin C gespeichert werden kann. Diesbezüglich berechneten Baker et al., dass bei gänzlich keiner Vitamin-C-Zufuhr klinische Mangelerscheinungen erst nach über drei Wochen auftreten (Baker et al. 1966).

4.4.5 Fazit

Es kann somit davon ausgegangen werden, dass kein beträchtlicher Vitamin-C-Mangel bei den meisten Teilnehmern der vorliegenden Studie besteht. Zum einen berichtete keiner der Teilnehmer über typische Symptome. Zum anderen können laut Baker et al. wahrscheinlich die Tage mit niedriger Aufnahme durch Tage mit hoher Aufnahme kompensiert werden (Baker et al. 1966). Um jedoch die präventiven Eigenschaften des Vitamin C nutzen zu können, sollte der Referenzwert von den Teilnehmern an allen Tagen erreicht werden (Carr und Frei 1999). Deshalb sollte auf einen täglichen Obst- und Gemüseverzehr geachtet werden. Die DGE empfiehlt dazu, wenn möglich fünf Portionen Obst und Gemüse pro Tag zu verzehren („5 am Tag“) (DGE 2015). Durch den Verzehr von „5 am Tag“ kann laut M. Levine eine Vitamin-C-Aufnahme von 210 bis 280 mg pro Tag erreicht werden (Levine et al. 1999). Dieser hohe Verzehr von Obst und Gemüse hat zudem den Effekt, eine Gewichtsreduktion herbeizuführen, wie eine aktuelle Metaanalyse von Schwingshackel et al. ergab. Jede Erhöhung der Zufuhr von 100 g Obst soll zu einer Abnahme der altersabhängigen Gewichtszunahme von 13.68 g pro Jahr und einer Abnahme des Hüftumfangs um 0,04 cm pro Jahr führen (Schwingshackel et al. 2015). Auch aufgrund dieser Studie sollte auf einen ausreichenden Obstverzehr besonders bei Adipösen geachtet werden.

4.5 Vitamin D

Der menschliche Körper kann Vitamin D selbst aus der Vorstufe 7-Dehydrocholesterin mit Hilfe von UV-Licht synthetisieren (Hauser 2008). In Leber und Niere folgen anschließend Hydroxylierungen zur aktiven Form 1,25-Hydroxycholecalciferol (Biesalski 2010). Laut Zimmermann und Gummert werden schätzungsweise 80 bis 90 % des Vitamin-D-Vorkommens im menschlichen Körper so bereitgestellt. Dies hängt jedoch stark von Faktoren, wie dem Breitengrad, der Jahreszeit, der Tageszeit, der Sonnenscheindauer, der Kleidung und der Verwendung von Sonnenschutzmitteln ab. Die restlichen 10 bis 20 % werden durch Lebensmittel aufgenommen (Zittermann und Gummert 2010). Diese enthalten allerdings nur sehr geringe Mengen des Vitamins: Quellen mit relativ hohen Konzentrationen sind fetter Fisch, wie z.B. Aal oder Hering; Quellen mit relativ niedrigen Konzentrationen stellen Leber, Margarine, Eigelb und Pilze dar (Souci et al. 2008). Wie Biesalski beschreibt steigert Vitamin D durch die indirekte Stimulation von Osteoblasten den Einbau von Calcium in die Knochen. Zudem erhöht es die Resorption von Calcium und Phosphat aus dem Darm und der Niere. Bei hohem Vitamin-D-Spiegel wird Parathormon in der Nebenschilddrüse vermindert ausgeschüttet. Im Gegensatz dazu stimuliert Parathormon die Vitamin-D-Synthese in der Niere. Ein Vitamin-D-Mangel kommt häufig bei nicht genügender UV-Strahlung und einem geringen Verzehr von fettreichem Fisch vor (Biesalski 2010). Daraus resultiert eine erhöhte Wahrscheinlichkeit des Auftretens kardiovaskulärer Erkrankungen, bestimmter Krebsarten, Diabetes Typ 1, kognitiven Beeinträchtigungen, Depressionen, Schwangerschaftskomplikationen, Autoimmunerkrankungen und v. a. Demineralisierungsstörungen des Skeletts (Hosseinezhad und Holick 2013). Eine Hypervitaminose entsteht laut Biesalski fast ausschließlich durch eine zu hohe Supplementation. Es ist fast unmöglich, durch zu hohe UV-Strahlung oder den Konsum vieler Lebensmittel mit hohem Vitamin-D-Gehalt, eine Vitamin-D-Überdosierung zu erreichen. Anzeichen einer Hypervitaminose können Demineralisierungen des Knochens, Hyperkalzämie und Hyperkalzurie sowie Erbrechen, Schwindel und Muskelschwäche sein (Biesalski 2010).

4.5.1 Gesamte Studienteilnehmer

Die Vitamin-D-Aufnahme nimmt vom Tag der geringsten zum Tag der höchsten Zufuhr von $0,25 \pm 0,015 \mu\text{g}$ auf $13 \pm 0,7 \mu\text{g}$ zu und liegt damit an allen Tagen deutlich unter dem empfohlenen Referenzwert von $20 \mu\text{g/d}$ für die Aufnahme bei fehlender endogener Synthese. Da sich parallel dazu die Verzehrsmenge und Energieaufnahme nur geringfügig erhöhen,

können die großen Tagesschwankungen dadurch nicht ausreichend begründet werden. Betrachtet man jedoch die Lebensmittelgruppen, so sind die Anstiege des Verzehrs von Fisch um das Neunfache und von Eiern um das 84-fache eine Erklärung für die großen Schwankungen. Da in diesen Lebensmittelgruppen zudem auch größere Konzentrationen an Phosphor, Jod und Vitamin B₁₂ enthalten sind, ist zudem nachvollziehbar, warum speziell diese Mikronährstoffe mit erhöhter Vitamin-D-Aufnahme vermehrt zugeführt werden.

4.5.2 Adipöse und Normalgewichtige

Sowohl bei den Adipösen ($2,5 \pm 0,14 \mu\text{g}$) als auch den Normalgewichtigen ($3,0 \pm 0,20 \mu\text{g}$) liegt die Vitamin-D-Aufnahme in der vorliegenden Studie deutlich unter dem Referenzwert von $20 \mu\text{g/d}$. Zwischen den beiden Gruppen sind in der vorliegenden Studie keine statistisch signifikanten Unterschiede zu ermitteln.

4.5.3 Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II

Ebenfalls ist die Vitamin-D-Aufnahme in allen Altersklassen der Frauen und Männer als defizitär einzustufen. Es fällt jedoch beim Vergleich der Altersklassen der Frauen auf, dass die zwei jüngeren Gruppen „noch“ niedrigere Zufuhren als die zwei älteren Gruppen aufweisen. Dies kann durch die geringeren Verzehrdaten von Eiern und Fisch begründet werden. Beim Vergleich mit der NVS II zeigen sich sowohl bei den Frauen, als auch bei den Männern ähnlich hohe Aufnahmewerte (Max Rubner-Institut 2008). Dadurch stellt Vitamin D in beiden Studien das Vitamin dar, für das die größten Defizite für die Zufuhr bestehen.

4.5.4 Referenzwert

Bezüglich der Definition eines Vitamin-D-Defizites werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht. Anerkannter Parameter ist jedoch die 25(OH)D-Serumkonzentration, bei der von Werten von unter 50 nmol/l die meisten Experten von einem Defizit ausgehen (Holick 2007). Da nur ca. 10 bis 20 % des Vitamin D durch die Nahrung aufgenommen werden und dieser Anteil von multiplen Faktoren abhängt, ist es folglich noch schwieriger einen Wert für die Zufuhr festzulegen (Zittermann und Gummert 2010). Der Referenzwert der DGE, ÖGE und SGE, der sich jedoch nur auf die Zufuhr bei fehlender endogener Synthese bezieht, wurde unter der Berücksichtigung einer Studie der irischen Bevölkerung in Wintermonaten ermittelt (DGE et al. 2013). Eine Supplementation von etwa $20 \mu\text{g/d}$ führte bei 90 bis 95 % der Teilnehmer zu einem Serumspiegel von 50 nmol/l von 25(OH)D, weshalb dieser Wert als Referenzwert festgesetzt wurde (Cashman et al. 2008).

4.5.5 Fazit

In der vorliegenden Studie und in zahlreichen anderen Studien liegt die Vitamin-D-Zufuhr deutlich unter den empfohlenen Referenzwerten (Moore et al. 2004, Himmerich et al. 2007, Max Rubner-Institut 2008). In einer Übersichtsarbeit über sechs verschiedenen Regionen weltweit, konnten je nach Region Werte zwischen 50 und 90 % für das Auftreten eines Vitamin-D-Defizits ermittelt werden (Mithal et al. 2009). Es somit von entscheidender Bedeutung diesem Defizit durch geeignete Therapien entgegenzuwirken. Risikopatienten für ein Vitamin-D-Defizit stellen Patienten mit Rachitis, Osteomalazie, Osteoporose, aber auch Schwangere, ältere Personen mit vermehrten Stürzen in der Vergangenheit und Adipöse mit einem BMI > 30 kg/m² dar. Bei diesen Personen wird vor einer Therapie grundsätzlich eine Bestimmung der 25(OH)D-Konzentration im Serum empfohlen (Holick et al. 2011). Sind diese Werte zu niedrig, ist eine möglichst hohe „Aufnahme“ des Vitamin D durch Sonneneinstrahlung zu empfehlen. Eine Aussetzung der Haut von Armen und Beinen von 5 bis 30 Minuten (abhängig von den oben beschriebenen Faktoren) soll bei gesunden Personen bereits ausreichen, um genügend Vitamin D zu produzieren. Jedoch sollte dabei beachtet werden, dass eine zu exzessive Aussetzung wiederum das Auftreten von Hautkrebs fördert (Holick 2007). Auch durch den ausreichenden Verzehr von fettreichem Fisch kann einem Vitamin-D-Defizit entgegengewirkt werden (Souci et al. 2008). Ist dies allerdings nicht ausreichend, um einen genügend hohen 25(OH)D-Spiegel zu erreichen, wird von der Endokrिनologischen Gesellschaft der USA eine Supplementation von 6000 IE/d von Vitamin D₂ oder Vitamin D₃ für acht Wochen empfohlen, um einen Serumspiegel von 25(OH)D von über 30 ng/ml zu erreichen. Eine Erhaltungstherapie soll anschließend mit 1500 bis 2000 IE/d durchgeführt werden (Holick et al. 2011). Bei adipösen Personen hat ein Vitamin-D-Defizit eine besondere Bedeutung. In zahlreichen Studien wird eine inverse Beziehung zwischen der Höhe des Vitamin-D-Defizits und der Adipositas beschrieben, wobei die Gründe dafür noch kontrovers diskutiert werden (Wortsman et al. 2000, Parikh et al. 2004, Adams und Hewison 2010, Stokic et al. 2015). Eine verringerte Bioverfügbarkeit bei Adipösen aufgrund von Vitamin-D-Ablagerungen im vermehrten Körperfett wird angenommen (Wortsman et al. 2000). Deshalb wird laut Holick et al. grundsätzlich bei einem BMI > 30 kg/m² die Serumspiegelbestimmung von 25(OH)D empfohlen. Bei zu niedrigen Werten soll eine Supplementation der zwei- bis dreifach höheren Dosis im Vergleich zu Normlagewichtigen durchgeführt werden (Holick et al. 2011).

4.6 Calcium

Calcium ist eng funktionell mit dem Vitamin D verbunden und mengenmäßig der bedeutendste Mineralstoff im menschlichen Körper. Eine große Rolle spielt es beim Knochenaufbau, wobei ihm entscheidende Aufgaben sowohl für die mechanische Stabilität als auch als Calciumreservoir zugeschrieben werden. Des Weiteren ist Calcium an der Muskel- und Nervenerregbarkeit, an der Aktivierung und Funktion zahlreicher Proteine und der Regulation von Signaltransduktionsprozessen beteiligt. Lebensmittel mit hohen Konzentrationen an Calcium sind Milch, Milchprodukte, Gemüse und Fisch. Calcium wird hauptsächlich im Duodenum und proximalen Jejunum resorbiert. Zudem findet ein ständiger Knochenumbau statt, bei dem Calcium freigesetzt und wieder aufgenommen wird. Die Ausscheidung erfolgt v.a. über den Urin. Eine Unter- oder Überversorgung von Calcium kann gravierende Probleme hervorrufen. Häufige Erstsymptome eines Calciummangels sind Krämpfe, die im Besonderen in der Mittelhand- und Mittelfußmuskulatur auftreten. Periorale Parästhesien und depressive Verstimmung werden ebenfalls bei Hypokalzämie beschrieben. Im chronischen Stadium können Demineralisierungen des Skeletts, Katarakte und Basalganglienverkalkungen hervorgerufen werden. Symptome einer Hyperkalzämie sind häufig sehr unspezifisch und können sich durch allgemeine Schwäche, vermindertem Appetit, Übelkeit und Erbrechen bis hin zu Somnolenz und Koma äußern. Ein Tumorleiden oder eine primärer Hyperparathyreoidismus können die Ursache dafür darstellen (vgl. zu diesem Abschnitt Hauser 2008).

4.6.1 Gesamte Studienteilnehmer

In dieser Dissertation nimmt die Calciumaufnahme vom Tag der niedrigsten zum dem Tag der höchsten Aufnahme von $197 \pm 7,4$ mg/d auf $1071 \pm 28,1$ mg/d zu. Dies steht im Zusammenhang mit einer erhöhten Verzehrsmenge und Energieaufnahme, die sich jeweils um den Faktor 1,3 steigern. Lebensmittelgruppen, die an Tagen einer hohen Calciumaufnahme vermehrt verzerrt werden, sind u.a. Eis, Joghurt, Quark, Dessert, Aufläufe und Käse. Ein weiterer interessanter Aspekt ist, dass es im gleichen Zusammenhang zu einer Abnahme des Verzehrs von Wurstwaren kommt. Eine mögliche Begründung dafür könnte darin bestehen, dass die Studienteilnehmer Wurstwaren durch Käse, v.a. bei Brotbelägen, ersetzen. Außerdem steigt die Zufuhr relativ vieler anderer Vitamin- und Mineralstoffe mit erhöhter Calciumaufnahme, wenn auch nur im geringen Maße. Dies ist höchstwahrscheinlich ebenfalls auf die erhöhte Verzehrsmenge und Energieaufnahme zurückzuführen. Die Referenzwerte der Calciumaufnahme werden nur am Tag der höchsten Zufuhr erreicht.

4.6.2 Adipöse und Normalgewichtige

Von den adipösen Teilnehmern ($484 \pm 9,2$ mg/d) der vorliegenden Studie wird verglichen mit den normalgewichtigen Teilnehmern ($559 \pm 10,3$ mg/d) signifikant weniger Calcium aufgenommen. Jedoch wird er D-A-CH-Referenzwert von 1000 mg/d von beiden Gruppen deutlich unterschritten.

4.6.3 Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II

Ebenfalls wird in allen Altersgruppen der Frauen der D-A-CH-Referenzwert deutlich unterschritten. In Hinblick auf die Altersgruppen der Männer ist jedoch auffällig, dass nur in den beiden älteren Gruppen eine deutliche defizitäre Aufnahme besteht. Im Vergleich zur NVS II liegen die Calciumaufnahmen in der vorliegenden Studie bei den Frauen und den Männern deutlich niedriger als in der NVS II. Diese Unterschiede sind wahrscheinlich ebenfalls durch die unterschiedlichen Erhebungsmethoden der beiden Studien zu begründen. Die Calciumwerte der Studie von Benezra et al. liegen zwischen den Werten der vorliegenden Studie und der NVS II (Benezra et al. 2001).

4.6.4 Referenzwert

Als Grundlage für die Festlegung des D-A-CH-Referenzwertes von 1000 mg/d diene eine Calciumbilanzstudie von Hunt und Johnson, die aufgrund von Berechnungen der Calciumaufnahmen und Calciumausscheidungen über Fäzes und Urin, einen Mittelwert von 741 mg für die tägliche Zufuhr von Calcium berechneten (Hunt und Johnson 2007). Aufgrund der Variation des Bedarfs der Bevölkerung addierten die Gesellschaften für Ernährung auf diesen Wert ein Zuschlag von 30 %, wodurch der Referenzwert von 1000 mg/d zu Stande kam (DGE et al. 2013).

4.6.5 Fazit

Von einem großen Teil der Teilnehmer wird in dieser und auch in anderen Studien der D-A-CH-Referenzwert von 1000 mg/d für die Calciumaufnahme nicht erreicht (Himmerich et al. 2007, Max Rubner-Institut 2008). Damit stellt Calcium einen der Mineralstoffe dar, für die eine defizitäre Zufuhr bei den meisten Personen besteht. Dieser zu geringen Calciumaufnahme durch die Nahrung kann grundsätzlich durch eine Supplementation von Calcium entgegen gewirkt werden. Dies wird jedoch in der Literatur kontrovers diskutiert, da eine Supplementation laut Reid mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung von kardiovaskulären Ereignissen, Nierensteinen und gastrointestinalen Syndromen

einhergehen soll. Dies soll jedoch nicht für eine erhöhte Calciumzufuhr durch die Nahrung zutreffen, weshalb eine höhere Calciumzufuhr durch die Nahrung, wie z. B. durch Milch, Milchprodukte, Brokkoli, Grünkohl, Rucola und Nüssen, zu empfehlen ist (Souci et al. 2008, Reid 2014). Selbst zur Therapie der Osteoporose wird der Supplementation von Calcium heutzutage nur noch eine untergeordnete Rolle zugesprochen, da in Metanalysen kein Rückgang der Anzahl von Frakturen durch die Supplementation von Calcium festgestellt wurde (Murad et al. 2012).

In Anbetracht der Thematik, dass Calcium einen der Mikronährstoffe darstellt auf den in besonderer Weise bei Gewichtsreduktionprogrammen geachtet werden soll, wie in Kapitel 4.2.3 beschrieben, ist eine Studie von Jacqmain et al. von Bedeutung, die drei Gruppen, die sich in der Höhe der Calciumzufuhr durch die Nahrung unterscheiden, bezüglich der Körperzusammensetzungen und der Lipoprotein-Konzentrationen im Plasma verglich. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass insbesondere bei Frauen eine erhöhte Zufuhr von Calcium mit einer verringerten Wahrscheinlichkeit, an Adipositas zu erkranken, zusammenhängt. Zudem soll bei beiden Geschlechtern bei erhöhter Nahrungsaufnahme von Calcium ein verändertes Lipoprotein-Profil vorkommen, das wahrscheinlich zu einer Reduktion des Auftretens kardiovaskulärer Erkrankungen führt (Jacqmain et al. 2003). Eine Begründung dafür könnte die von Zemel et al. beschriebene Stimulation der Lipogenese und Inhibition der Lipolyse durch die Erhöhung des intrazellulären Calciums in Adipozyten darstellen. (Zemel et al. 2000) Weiterführend wird diskutiert, ob eine hohe Zufuhr von Calcium einen positiven Effekt auf eine Gewichtsabnahme habe. Beim Vergleich zahlreicher Studien zu dieser Thematik kamen Heaney und Rafferty zu dem Ergebnis, dass eine erhöhte Calciumaufnahme zu einer Reduktion der altersabhängigen Gewichtszunahme und zu einer Zunahme des Gewichtsverlusts bei Low-calorie Diäten führt. Auch ein Schutz der fettfreien Körpermasse soll dadurch hervorgerufen werden (Heaney und Rafferty 2009). In einer Metaanalyse von Onakpoya et al. wird konkret über einen Gewichtsverlust von 0,74 kg in sechs Monaten durch die Supplementation von Calcium berichtet (Onakpoya et al. 2011). Auch wenn diese Gewichtsverluste in Bezug auf einzelne adipöse Personen relativ gering erscheinen, sollten die Auswirkungen für die Gesamtpopulation bedacht werden (Heaney 2011). In Hinblick auf die steigende Prävalenz der Adipositas muss dem Mengenelement Calcium aufgrund aller dieser genannten Aspekte bei adipösen Personen eine besondere Beachtung geschenkt werden.

4.7 Zink

Der Zinkgehalt eines erwachsenen Körpers wird mit zwei bis drei Gramm angegeben, womit Zink das zweithäufigste Spurenelement im menschlichen Organismus darstellt (Hauser 2008). In Nahrungsmitteln sind hohe Konzentrationen an Zink in Fleisch, Fisch, Milch und Milchprodukten enthalten (Souci et al. 2008). Laut Elsenhans, ist Zink in vielen Geweben verteilt, wobei ihm zahlreiche unterschiedliche Aufgaben zugeschrieben werden. Es ist Bestandteil von ca. 300 verschiedenen Enzymen. Dadurch ist allgemein an Entwicklungs-, Regenerations- und Wachstumsprozessen beteiligt. Darüber hinaus ist dieses Spurenelement ein Bestandteil von Membranen und hat diverse Funktionen im Immunsystem. Auch bei der Speicherung des Insulins und der Ausscheidung von Schwermetallen wird es benötigt. Als Teil der sogenannten Zinkfinger spielt es zudem eine Rolle bei der Biosynthese von Steroidhormonen. Die Resorption erfolgt hauptsächlich im Jejunum und Ileum. Ca. 10-40 % der durch die Nahrung verzehrten Menge wird auch tatsächlich von den Enterozyten des Darms resorbiert. Der Hauptteil des Zinks wird über die Galle und den Pankreassaft ausgeschiedenen. Jedoch erfolgt die Ausscheidung auch zu ca. 10 % durch die Nieren. Als Zeichen einer Zinküberdosierung werden Durchfall und Erbrechen beschrieben. Ein Zinkmangel kann Symptome wie Wachstums- und Fertilitätsstörungen, erhöhte Infektanfälligkeiten oder Wundheilungsstörungen hervorrufen (Elsenhans 2002). Die Acrodermatitis enteropathica ist eine sehr seltene autosomal-rezessive Erbkrankheit, bei der eine Resorptionsstörung des Zinks vorliegt, wodurch Hauteffloreszenzen und gastrointestinale Symptome ausgelöst werden (Hauser 2008).

4.7.1 Gesamte Studienteilnehmer

Die Zinkzufuhr nimmt in der vorliegenden Studie, wenn man den Tag der niedrigsten Aufnahme ($4,0 \pm 0,11$ mg) mit dem Tag der höchsten Aufnahme ($16 \pm 1,0$ mg) vergleicht, um das Vierfache zu. Dies hängt sowohl mit einer erhöhten Verzehrsmenge (Anstieg um den Faktor 1,3) als auch mit einer erhöhten Energieaufnahme (Anstieg um den Faktor 1,4) zusammen. Die Lebensmittelgruppen, die dabei am deutlichsten ansteigen, sind Käse und Fleisch. Da diese auch als Hauptlieferanten von Vitamin B₁₂ gelten, ist zu erklären, warum dieses Vitamin mit erhöhter Zinkaufnahme vermehrt zugeführt wird. Die Referenzwerte werden in Bezug auf die Gesamtnährstoffaufnahme an fünf und bezogen auf die Nährstoffenergiedichte an acht der zehn Verzehrstage erreicht.

4.7.2 Adipöse und Normalgewichtige

Beim Vergleich der adipösen mit den normalgewichtigen Teilnehmern kann in der vorliegenden Studie kein signifikanter Unterschied bezüglich der Zinkaufnahme ermittelt werden. Sowohl von den Adipösen ($104 \pm 2,3 \%$), als auch den Normalgewichtigen ($105 \pm 2,3 \%$) werden die Referenzwerte überschritten.

4.7.3 Frauen und Männer im Vergleich zur NVS II

Eine Altersabhängigkeit der Zinkaufnahme ist in der vorliegenden Studie bei beiden Geschlechtern nicht erkennbar. Verglichen mit der NVS II liegen die Zinkzufuhr in der vorliegenden Studie sowohl bei den Frauen (7,7 mg/d vs. 9,1 mg/d (NVS II)) als auch den Männern (9,7 mg/d vs. 11,6 mg/d (NVS II)) niedriger, was wiederum wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Erhebungsmethoden zurückzuführen ist (Max Rubner-Institut 2008). Die Studie von Benezra et al. zeigt jedoch ähnlich hohe Werte wie die vorliegende Studie (Benezra et al. 2001).

4.7.4 Referenzwerte

Die empfohlene Zufuhr für Zink legten die DGE, ÖGE und SGE für Frauen auf 7 mg/d und für Männer auf 10 mg/d fest (DGE et al. 2013). Diese Festsetzung erfolgte unter Berücksichtigung einer Studie von King et al. über die Bestimmung von obligatorischen Zinkverlusten über die Haut und Exkrete, welche sich für Frauen auf 1,6 mg/d und für Männer auf 2,2 mg/d belaufen sollen (King und Turnlund 1989). Da das verzehrte Zink im Durchschnitt nur zu ca. 30 % resorbiert wird und die Gesellschaften für Ernährung einen Zuschlag von 30 % miteinberechneten, ergaben sich die oben beschriebenen Referenzwerte (DGE et al. 2013).

4.7.5 Fazit

Die empfohlene Zufuhr von Zink wird in der vorliegenden und auch in anderen Studien von den meisten Teilnehmern erreicht (Himmerich et al. 2007, Max Rubner-Institut 2008). Somit stellt Zink einen der Mikronährstoffe dar, für die keine defizitäre Zufuhr bei den meisten Personen besteht. Beim Vergleich der adipösen mit den normalgewichtigen Teilnehmern sind in der vorliegenden Studie keine Unterschiede bezüglich der Zinkaufnahme feststellbar. In der Literatur werden jedoch einige Zusammenhänge der Zinkzufuhr mit der Adipositas beschrieben, da Zink unter anderem eine Rolle im Metabolismus des Insulins spielt (Hauser 2008). Ein Zusammenhang einer Insulinresistenz, die häufig in Zusammenhang mit der

Adipositas auftritt, mit dem Zinkhaushalt wird diskutiert (Chen et al. 1997). Laut Marreiro et al. zeigen adipöse Personen zudem signifikant niedrigere Zinkkonzentrationen im Plasma und in den Erythrozyten als normalgewichtige Personen. Zudem soll die Ausscheidung von Zink über den Urin erhöht sein (Marreiro et al. 2001). Payahoo et al. gingen deshalb sogar soweit, in ihrer Studie adipösen Personen für einen Monat 30 mg Zink pro Tag als Supplemente zu verabreichen. Im Vergleich zu einer placebokontrollierten Gruppe kam es in dieser Studie zu einer Verbesserung des BMI, des Körpergewichts und der Triglycerid-Konzentration (Payahoo et al. 2013). In der bereits beschriebenen Studie von Benezra et al. wurde von einer Abnahme der Zinkaufnahme durch eine Reduktion der Energieaufnahme im Rahmen eines Gewichtsreduktionsprogramms berichtet. Bei der anschließenden Erhöhung der Energiezufuhr, kam es in dieser Studie jedoch auch wieder zu einer Erhöhung der Zinkzufuhr (Benezra et al. 2001). Die Abhängigkeit der Zinkaufnahme von der Energieaufnahme war auch in der vorliegenden Studie ermittelbar. Es ist allerdings draufhinzuweisen, dass die Zinkzufuhr in der Studie von Benezra et al. lediglich von $8,8 \pm 4,3$ mg/d auf $7,1 \pm 3,4$ mg/d fiel, was immer noch über dem empfohlenen Referenzwert der DGE, ÖGE und SGE liegt (Benezra et al. 2001). Di Toro et al. beschrieben zudem eine Erhöhung der Zinkkonzentration im Plasma und in den Erythrozyten durch ein Gewichtsreduktionsprogramm, das sich durch eine Reduzierung der Energiezufuhr gestaltete (Di Toro et al. 1997). Dies deutet darauf hin, dass die Zinkaufnahme nicht direkt mit der Zinkkonzentration im Plasma und in den Erythrozyten korreliert, was bereits aus einer Studie von Taylor et al. bekannt ist (Taylor et al. 1991). Aus diesem Grund und angesichts der nicht unterschrittenen Referenzwerte sowohl bei den adipösen Teilnehmern der vorliegenden Studie als auch den Teilnehmer des Gewichtsreduktionsprogramms der Studie von Benezra et al., muss wahrscheinlich auf die Zinkzufuhr bei Gewichtsreduktionsprogrammen nicht in dem Ausmaß, wie z. B. bezüglich der Calciumaufnahme, geachtet werden (Benezra et al. 2001). Da die Aussagen in der Literatur diesbezüglich aber noch widersprüchlich sind, sollten weitere Forschungsergebnisse abgewartet werden.

4.8 Stärken und Limitationen

Eine Stärke der vorliegenden Studie ist die genaue Erhebung der Verzehrdaten durch Ernährungsprotokolle, die prospektiv von den teilnehmenden Personen über einen Zeitraum von zehn Tagen geführt wurden. Diese Erhebungsmethode gilt u. a. laut Bingham et. al als Goldstandard und ist anderen Methoden, wie z. B. dem „24-h-recall“ oder der „Diet History“ durch die Genauigkeit der Erfassung überlegen (Bingham et al. 1994, Hausmann et al. 2007). Zudem wurden die Daten der adipösen Personen unter sogenannten „Real World Bedingungen“ in einer spezialisierten Adipositas-Ambulanz eines Universitätsklinikums erhoben. Daraus folgt, dass es sich bei diesen Personen um Patienten mit meist langjähriger Diätkarriere und wahrscheinlich gezügelmtem Essverhalten handelt. Folglich ist die vorliegende Studie keine bevölkerungsrepräsentative Studie. Die Generalisierbarkeit der Daten ist daher nur eingeschränkt möglich. Dennoch sind dies die Patienten, die in der Realität eine Behandlung der Adipositas durchführen und deren Essverhalten tatsächlich durch eine Reduktion der Nahrungsmenge verändert wird. Aus diesen Gründen ist die Analyse ihrer Daten von Bedeutung.

Limitationen der vorliegenden Studie bestehen durch ein gewisses Underreporting oder im Einzelfall auch Overreporting der Studienteilnehmer in den Ernährungsprotokollen. Jedoch ist dies ein Problem mit dem alle anderen Erhebungsmethoden ebenfalls behaftet sind (Mattes und Bormann 2001, Slimani et al. 2015). Des Weiteren wurden in der vorliegenden Studie lediglich die Zufuhren der Vitamine und Mineralstoffe durch die Nahrung analysiert. Aussagen über tatsächlichen Mengen im menschlichen Körper sind damit nicht möglich. Diese Problematik ist jedoch nur durch die Verwendung adäquater Biomarker möglich, was mit großer Wahrscheinlichkeit die Zukunft der Vitamin- und Mineralstoffforschung darstellt (Slimani et al. 2015). In der Nationalen Verzehrsstudie III ist dies nun vorgesehen (G. Rechkemmer 2015, persönliche Mitteilung). Weitere Limitationen bestehen durch die Methodenprobleme aller Ernährungsberechnungsprogramme bei der Ermittlung von Vitamin- und Mineralstoffwerten: Die Aktualität der Daten. Da sich die Auswertungssoftware PRODI® auf den Bundeslebensmittelschlüssel bezieht, der deutlich häufiger aktualisiert und nachbearbeitet werden müsste, entsprechen die Daten zum Teil nicht dem aktuellstem Forschungsstand (G. Rechkemmer 2015, persönliche Mitteilung). Limitierend ist außerdem, dass in der vorliegenden Studie aufgrund der schweren Messbarkeit die unterschiedlichen Lagerungen, Verarbeitungen und Garpunkte der untersuchten Lebensmittel, die ebenfalls den Vitamin- und Mineralstoffgehalt der Lebensmittel beeinflussen, nicht berücksichtigt wurden.

Auf eine Korrektur der Daten durch den Abgleich mit errechneten Grundumsatzwerten wurde in der vorliegenden Studie bewusst verzichtet, da diesbezügliche Formeln laut mehreren Studien intraindividuell sehr ungenau sein sollen (Müller et al. 2004, Schusdziarra et al. 2014). Insgesamt ist jedoch zu betonen, dass die beschriebenen Limitationen generelle Probleme der Analyse von Vitamin- und Mineralstoffaufnahmen darstellen und die vorliegende Studie eine der genauesten Methoden verwendet, die aktuell in Deutschland zur Verfügung steht.

5 Zusammenfassung

Adipositas stellt mit einer steigenden Prävalenz ein globales Gesundheitsproblem dar. Aufgrund dieses Trends ist es von entscheidender Bedeutung, die bereits bestehenden Therapien weiterzuentwickeln. Dafür ist es essenziell, zu verstehen, welches Verzehrsverhalten zum Auftreten der Adipositas führt und zu ermitteln, ob Defizite, z. B. bezüglich der Aufnahme von Mikronährstoffen, bereits vor einer Therapie bestehen. Vergleicht man diese Ausgangswerte zusätzlich mit den Daten von Normalgewichtigen, so können Unterschiede ermittelt und dadurch spezifische Defizite von Adipösen erkannt werden. Bis zum jetzigen Zeitpunkt gibt es kaum Studien, die die Mikronährstoffaufnahme Adipöser und Normalgewichtiger vergleichen. Auch die bevölkerungsrepräsentative Nationale Verzehrsstudie II (NVS II) führte keine Analyse in Bezug auf den BMI durch. In dieser Dissertation werden deshalb die Verzehrsdaten von 275 adipösen und 204 normalgewichtigen Personen bezüglich der Zufuhr von 21 Vitaminen und Mineralstoffen anhand von zehntägigen Ernährungsprotokollen verglichen.

In der Gesamtheit fallen die Unterschiede der Mikronährstoffaufnahmen zwischen den adipösen und normalgewichtigen Teilnehmern nur geringfügig aus. Die beiden Kriterien „geringerer Verzehr der Adipösen im Vergleich zu den Normalgewichtigen“ und „deutliche Unterschreitung des D-A-CH-Referenzwertes“ werden von den vier Mikronährstoffen Calcium, Magnesium, Folat und β -Carotin erfüllt. Da es sich dabei um Ausgangswerte vor einer Therapie der Adipositas handelt, werden in dieser Dissertation zudem Studien, die Veränderungen der Mikronährstoffzufuhren während einer Reduktion der Nahrungsmenge untersuchten, im Detail betrachtet. Als Fazit können Calcium und Magnesium als die Mikronährstoffe genannt werden, die sowohl vor als auch während einer Therapie als besonders kritisch einzustufen sind. Auf sie sollte deshalb bei einer Therapie der Adipositas besonders geachtet und ggf. eine Supplementierung in Betracht gezogen werden.

Analog zur NVS II werden zudem in dieser Dissertation Altersgruppen von Frauen und Männern miteinander verglichen. Hinsichtlich der Aufnahme von Vitaminen, können in dieser Dissertation die Zufuhren von Vitamin D und Folsäure sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern analog zur NVS II als defizitär eingestuft werden. Zusätzlich besteht in dieser Dissertation für β -Carotin bei beiden Geschlechtern und für Pantothenensäure bei den Frauen eine defizitäre Zufuhr. Bezüglich der Aufnahme der Mineralstoffe sind in dieser Dissertation defizitäre Zufuhren für Jod und Calcium bei beiden Geschlechtern und für Eisen v. a. bei den jüngeren Frauen ebenfalls analog zur NVS II zu ermitteln.

Für alle Studienteilnehmer erfolgt darüber hinaus eine intraindividuelle Analyse exemplarisch für die Zufuhren von Vitamin C, Vitamin D, Calcium und Zink. Dafür werden die zehn chronologischen Protokolltage jedes Individuums nach der Höhe des jeweiligen Mikronährstoffs neu sortiert. Anschließend erfolgt eine Zusammenfassung der neu geordneten Tage. Als Fazit ist zu nennen, dass die Referenzwerte von Vitamin D und Calcium an fast allen Tagen von den gesamten Studienteilnehmern deutlich unterschritten werden. Dadurch muss von einer deutlichen defizitären Aufnahme ausgegangen werden, weshalb eine höhere Zufuhr durch Lebensmittel, die diese Mikronährstoffe in hohen Konzentrationen enthalten und eine Supplementierung in Betracht gezogen werden sollten. Für die Zufuhren von Vitamin C und Zink können demgegenüber in dieser Dissertation keine beträchtlichen Defizite ermittelt werden.

Stärken der vorliegenden Dissertation liegen in der genauen Erhebung der Verzehrdaten durch die Ernährungsprotokolle und den sogenannten „Real Life Bedingungen“, unter denen die Daten der adipösen Teilnehmer entstanden. Limitationen bestehen aufgrund von Under- und Overreporting in den Ernährungsprotokollen, der ungenügenden Aktualität der zugrundeliegenden Daten des Auswertungsprogramms PRODI® und des Nichterfassens von Lagerungen und Verarbeitungen der analysierten Lebensmittel. Eine große Limitation stellt zudem die Tatsache dar, dass in dieser Dissertation lediglich die Zufuhren der Mikronährstoffe durch die Nahrung analysiert wurden. Eine Aussage über die tatsächlichen Mengen der Vitamine und Mineralstoffe im menschlichen Körper kann dadurch nicht getroffen werden. Diese Problematik ist jedoch nur durch die Verwendung adäquater Biomarker wirklich lösbar, weshalb dies mit großer Wahrscheinlichkeit die Zukunft der Vitamin- und Mineralstoffforschung darstellt. Insgesamt ist jedoch zu betonen, dass die beschriebenen Limitationen generelle Probleme der Analyse von Vitamin- und Mineralstoffaufnahmen darstellen und die vorliegende Studie eine der genauesten Methoden verwendet, die aktuell in Deutschland zur Verfügung steht.

Literaturverzeichnis

Adams, J. S. and Hewison, M. (2010). Update in Vitamin D. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 95(2), 471-478.

Ashley, J. M., Herzog, H., Clodfelter, S., Bovee, V., Schrage, J. and Pritsos, C. (2007). Nutrient adequacy during weight loss interventions: a randomized study in women comparing the dietary intake in a meal replacement group with a traditional food group. *Nutr J*, 6, 12.

Ausman, L. M. (1999). Criteria and recommendations for vitamin C intake. *Nutr Rev*, 57(7), 222-224.

Baker, E. M., Saari, J. C. and Tolbert, B. M. (1966). Ascorbic acid metabolism in man. *Am J Clin Nutr*, 19(6), 371-378.

Banegas, J. R., Lopez-Garcia, E., Gutierrez-Fisac, J. L., Guallar-Castillon, P. and Rodriguez-Artalejo, F. (2003). A simple estimate of mortality attributable to excess weight in the European Union. *Eur J Clin Nutr*, 57(2), 201-208.

Barbagallo, M. and Dominguez, L. J. (2015). Magnesium and type 2 diabetes. *World J Diabetes*, 6(10), 1152-1157.

Benezra, L. M., Nieman, D. C., Nieman, C. M., Melby, C., Cureton, K., Schmidt, D., Howley, E. T., Costello, C., Hill, J. O., Mault, J. R., Alexander, H., Stewart, D. J. and Osterberg, K. (2001). Intakes of most nutrients remain at acceptable levels during a weight management program using the food exchange system. *J Am Diet Assoc*, 101(5), 554-561.

Biesalski, H.-K. (2010). Vitamine In: H. K. Biesalski, S. C. Bischoff and C. Puchstein (Hrsg.), *Ernährungsmedizin* (S. 133-189). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Bingham, S. A., Gill, C., Welch, A., Day, K., Cassidy, A., Khaw, K. T., Sneyd, M. J., Key, T. J., Roe, L. and Day, N. E. (1994). Comparison of dietary assessment methods in nutritional epidemiology: weighed records v. 24 h recalls, food-frequency questionnaires and estimated-diet records. *Br J Nutr*, 72(4), 619-643.

Bowen, J., Noakes, M. and Clifton, P. M. (2004). A high dairy protein, high-calcium diet minimizes bone turnover in overweight adults during weight loss. *J Nutr*, 134(3), 568-573.

Carr, A. C. and Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *Am J Clin Nutr*, 69(6), 1086-1107.

Cashman, K. D., Hill, T. R., Lucey, A. J., Taylor, N., Seamans, K. M., Muldowney, S., Fitzgerald, A. P., Flynn, A., Barnes, M. S., Horigan, G., Bonham, M. P., Duffy, E. M., Strain, J. J., Wallace, J. M. and Kiely, M. (2008). Estimation of the dietary requirement for vitamin D in healthy adults. *Am J Clin Nutr*, 88(6), 1535-1542.

Chen, M. D., Lin, P. Y. and Sheu, W. H. (1997). Zinc status in plasma of obese individuals during glucose administration. *Biol Trace Elem Res*, 60(1-2), 123-129.

Clifton, P. M. (2008). Dietary treatment for obesity. *Nat Clin Pract Gastroenterol Hepatol*, 5(12), 672-681.

DGE (2015). Ausgewählte Fragen und Antworten zu Vitamin C [Internetseite]. Abgerufen am: 08.02.2016, von <https://www.dge.de/index.php?id=354>.

DGE, ÖGE and SGE (2013). *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Frankfurt am Main: Neuer Umschau Buchverlag.

Di Toro, A., Marotta, A., Todisco, N., Ponticiello, E., Collini, R., Di Lascio, R. and Perrone, L. (1997). Unchanged iron and copper and increased zinc in the blood of obese children after two hypocaloric diets. *Biol Trace Elem Res*, 57(2), 97-104.

Elder, K. A. and Wolfe, B. M. (2007). Bariatric surgery: a review of procedures and outcomes. *Gastroenterology*, 132(6), 2253-2271.

Elsenhans, B. (2002). Zink In: H. K. Biesalski, J. Köhrle and K. Schümann (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (S. 151-160). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Flegal, K. M., Kit, B. K., Orpana, H. and Graubard, B. I. (2013). Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. *Jama*, 309(1), 71-82.

Garcia, O. P., Long, K. Z. and Rosado, J. L. (2009). Impact of micronutrient deficiencies on obesity. *Nutr Rev*, 67(10), 559-572.

Garrow, J. S. (1988). *Obesity and Related Diseases*. London: Churchill Livingstone.

Gröber, U. (2012). Knochenrelevante Mikronährstoffe. *Ars Medici*, 21, 1192-1195.

Grzybek, A., Klosiewicz-Latoszek, L. and Targosz, U. (2002). Changes in the intake of vitamins and minerals by men and women with hyperlipidemia and overweight during dietetic treatment. *Eur J Clin Nutr*, 56(12), 1162-1168.

Guasch-Ferre, M., Bullo, M., Estruch, R., Corella, D., Martinez-Gonzalez, M. A., Ros, E., Covas, M., Aros, F., Gomez-Gracia, E., Fiol, M., Lapetra, J., Munoz, M. A., Serra-Majem, L., Babio, N., Pinto, X., Lamuela-Raventos, R. M., Ruiz-Gutierrez, V. and Salas-Salvado, J. (2014). Dietary magnesium intake is inversely associated with mortality in adults at high cardiovascular disease risk. *J Nutr*, 144(1), 55-60.

Halle, M., Berg, A. and Keul, J. (1999). Übergewicht als Risikofaktor kardiovaskulärer Erkrankungen und die mögliche Bedeutung als Promotor einer gesteigerten Entzündungsreaktion *Dtsch Med Wochenschr*, 124(30), 905-909.

Hauner, H. (2011). Möglichkeiten der Adipositasbehandlung. *Der Internist*, 52(4), 374-382.

Hauner, H., Buchholz, G., Hamann, A., Husemann, B., Koletzko, B., Liebermeister, H., Wabitsch, M., Westenhöfer, J., Wirth, A., Wolfram, G. (2007). Evidenzbasierte Leitlinie: Prävention und Therapie der Adipositas. [Internetseite]. Abgerufen am: 08.02.2016, von <http://www.adipositas-gesellschaft.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/Adipositas-Leitlinie-2007.pdf>.

Hauser, K. (2008). Prothetische Gruppen und Cofaktoren im Energiestoffwechsel In: J. Rassow, K. Hauser, R. Netzker and R. Deutzmann (Hrsg.), *Duale Reihe Biochemie* (S. 272-317). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

- Hausmann, M., Heister, J., Erdmann, J. and Schusdziarra, V. (2007). Stellenwert des 24-h-Recalls im Vergleich zum Ernährungsprotokoll in der Adipositasambulanz. *Aktuel Ernährungsmed*, 32(04), 185-190.
- Heaney, R. P. (2011). Calcium and obesity: effect size and clinical relevance. *Nutr Rev*, 69(6), 333-334.
- Heaney, R. P. and Rafferty, K. (2009). Preponderance of the evidence: an example from the issue of calcium intake and body composition. *Nutr Rev*, 67(1), 32-39.
- Hill, J. O. (2006). Understanding and addressing the epidemic of obesity: an energy balance perspective. *Endocr Rev*, 27(7), 750-761.
- Himmerich, S., Gedrich, K. and Karg, G. (2007). Bayerische Verzehrstudie BVS (II) - Abschlussbericht des Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz [Internetseite]. Abgerufen am: 08.02.2016, von http://www.vis.bayern.de/ernaehrung/ernaehrung/ernaehrungssituation/doc/abschlussbericht_bvs2.pdf.
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *N Engl J Med*, 357(3), 266-281.
- Holick, M. F., Binkley, N. C., Bischoff-Ferrari, H. A., Gordon, C. M., Hanley, D. A., Heaney, R. P., Murad, M. H. and Weaver, C. M. (2011). Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: an Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab*, 96(7), 1911-1930.
- Hosseini-nezhad, A. and Holick, M. F. (2013). Vitamin D for Health: A Global Perspective. *Mayo Clinic proceedings. Mayo Clinic*, 88(7), 720-755.
- Hunt, C. D. and Johnson, L. K. (2007). Calcium requirements: new estimations for men and women by cross-sectional statistical analyses of calcium balance data from metabolic studies. *Am J Clin Nutr*, 86(4), 1054-1063.
- Jacqmain, M., Doucet, E., Despres, J. P., Bouchard, C. and Tremblay, A. (2003). Calcium intake, body composition, and lipoprotein-lipid concentrations in adults. *Am J Clin Nutr*, 77(6), 1448-1452.
- King, J. C. and Turnlund, J. R. (1989). Zinc in Human Biology In: C. F. Mills (Hrsg.), *Human zinc requirements* (S. 335-350). London: Springer Verlag.
- Knoll, K. P. and Hauner, H. (2008). Kosten der Adipositas in der Bundesrepublik Deutschland - Eine aktuelle Krankheitskostenstudie. *Adipositas - Ursachen, Folgeerkrankungen, Therapie*, 2(4), 204-210.
- Koschack, J. (2008). Standardabweichung und Standardfehler: der kleine, aber feine Unterschied. *Z Allg Med*, 84(06), 258-260.
- Kuntz, B. and Lampert, T. (2010). Sozioökonomische Faktoren und Verbreitung von Adipositas. *Dtsch Arztebl International*, 107(30), 517-522.
- Levine, J. A., Eberhardt, N. L. and Jensen, M. D. (1999). Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans. *Science*, 283(5399), 212-214.

Levine, M., Rumsey, S. C., Daruwala, R., Park, J. B. and Wang, Y. (1999). Criteria and recommendations for vitamin C intake. *Jama*, 281(15), 1415-1423.

Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., Amann, M., Anderson, H. R., Andrews, K. G., Aryee, M., Atkinson, C., Bacchus, L. J., Bahalim, A. N., Balakrishnan, K., Balmes, J., Barker-Collo, S., Baxter, A., Bell, M. L., Blore, J. D., Blyth, F., Bonner, C., Borges, G., Bourne, R., Boussinesq, M., Brauer, M., Brooks, P., Bruce, N. G., Brunekreef, B., Bryan-Hancock, C., Bucello, C., Buchbinder, R., Bull, F., Burnett, R. T., Byers, T. E., Calabria, B., Carapetis, J., Carnahan, E., Chafe, Z., Charlson, F., Chen, H., Chen, J. S., Cheng, A. T., Child, J. C., Cohen, A., Colson, K. E., Cowie, B. C., Darby, S., Darling, S., Davis, A., Degenhardt, L., Dentener, F., Des Jarlais, D. C., Devries, K., Dherani, M., Ding, E. L., Dorsey, E. R., Driscoll, T., Edmond, K., Ali, S. E., Engell, R. E., Erwin, P. J., Fahimi, S., Falder, G., Farzadfar, F., Ferrari, A., Finucane, M. M., Flaxman, S., Fowkes, F. G., Freedman, G., Freeman, M. K., Gakidou, E., Ghosh, S., Giovannucci, E., Gmel, G., Graham, K., Grainger, R., Grant, B., Gunnell, D., Gutierrez, H. R., Hall, W., Hoek, H. W., Hogan, A., Hosgood, H. D., 3rd, Hoy, D., Hu, H., Hubbell, B. J., Hutchings, S. J., Ibeanusi, S. E., Jacklyn, G. L., Jasrasaria, R., Jonas, J. B., Kan, H., Kanis, J. A., Kassebaum, N., Kawakami, N., Khang, Y. H., Khatibzadeh, S., Khoo, J. P., Kok, C., Laden, F., Lalloo, R., Lan, Q., Lathlean, T., Leasher, J. L., Leigh, J., Li, Y., Lin, J. K., Lipshultz, S. E., London, S., Lozano, R., Lu, Y., Mak, J., Malekzadeh, R., Mallinger, L., Marcenes, W., March, L., Marks, R., Martin, R., McGale, P., McGrath, J., Mehta, S., Mensah, G. A., Merriman, T. R., Micha, R., Michaud, C., Mishra, V., Mohd Hanafiah, K., Mokdad, A. A., Morawska, L., Mozaffarian, D., Murphy, T., Naghavi, M., Neal, B., Nelson, P. K., Nolla, J. M., Norman, R., Olives, C., Omer, S. B., Orchard, J., Osborne, R., Ostro, B., Page, A., Pandey, K. D., Parry, C. D., Passmore, E., Patra, J., Pearce, N., Pelizzari, P. M., Petzold, M., Phillips, M. R., Pope, D., Pope, C. A., 3rd, Powles, J., Rao, M., Razavi, H., Rehfuss, E. A., Rehm, J. T., Ritz, B., Rivara, F. P., Roberts, T., Robinson, C., Rodriguez-Portales, J. A., Romieu, I., Room, R., Rosenfeld, L. C., Roy, A., Rushton, L., Salomon, J. A., Sampson, U., Sanchez-Riera, L., Sanman, E., Sapkota, A., Seedat, S., Shi, P., Shield, K., Shivakoti, R., Singh, G. M., Sleet, D. A., Smith, E., Smith, K. R., Stapelberg, N. J., Steenland, K., Stockl, H., Stovner, L. J., Straif, K., Straney, L., Thurston, G. D., Tran, J. H., Van Dingenen, R., van Donkelaar, A., Veerman, J. L., Vijayakumar, L., Weintraub, R., Weissman, M. M., White, R. A., Whiteford, H., Wiersma, S. T., Wilkinson, J. D., Williams, H. C., Williams, W., Wilson, N., Woolf, A. D., Yip, P., Zielinski, J. M., Lopez, A. D., Murray, C. J., Ezzati, M., AlMazroa, M. A. and Memish, Z. A. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 380(9859), 2224-2260.

Linseisen, J. and Wolfram, G. (1997). Unterschiede in der Nährstoffzufuhr bei Verwendung verschiedener Nährstoff-Datenbanken - ein Fallbeispiel. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 36(2), 127-132.

Maggard, M. A., Shugarman, L. R., Suttorp, M., Maglione, M., Sugerman, H. J., Livingston, E. H., Nguyen, N. T., Li, Z., Mojica, W. A., Hilton, L., Rhodes, S., Morton, S. C. and Shekelle, P. G. (2005). Meta-analysis: surgical treatment of obesity. *Ann Intern Med*, 142(7), 547-559.

Marreiro, D. N., Fisberg, M. and Cozzolino, S. M. (2001). Zinc nutritional status in obese children and adolescents. *Biol Trace Elem Res*, 86(2), 107-122.

Mattes, R. D. and Bormann, L. A. (2001). Reduced Dietary Underrecording with Concurrent Tracking of Hunger. *Journal of the American Dietetic Association*, 101(5), 578-580.

Max Rubner-Institut (2008). Nationale Verzehrsstudie II - Ergebnisbericht, Teil 2 [Internetseite]. Abgerufen am: 26.11.2015, von http://www.mri.bund.de/fileadmin/Institute/EV/NVSII_Abschlussbericht_Teil_2.pdf.

Max Rubner-Institut (2008). Nationale Verzehrsstudie II - Ergebnisbericht, Teil 1 [Internetseite]. Abgerufen am: 26.11.2015, von http://www.mri.bund.de/fileadmin/Institute/EV/NVS_II_Abschlussbericht_Teil_1_mit_Ergaenzungsbericht.pdf.

Mensink, G. B. M., Schienkiewitz, A., Haftenberger, M., Lampert, T., Ziese, T. and Scheidt-Nav, C. (2013). Übergewicht und Adipositas in Deutschland - Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt*, 56, 786-794.

Mithal, A., Wahl, D. A., Bonjour, J. P., Burckhardt, P., Dawson-Hughes, B., Eisman, J. A., El-Hajj Fuleihan, G., Josse, R. G., Lips, P. and Morales-Torres, J. (2009). Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D. *Osteoporos Int*, 20(11), 1807-1820.

Moore, C., Murphy, M. M., Keast, D. R. and Holick, M. F. (2004). Vitamin D intake in the United States. *J Am Diet Assoc*, 104(6), 980-983.

Morlion, B. J. (2010). Wasser, Elektrolyte und Säure-Basen-Haushalt In: H. K. Biesalski, S. C. Bischoff and C. Puchstein (Hrsg.), *Ernährungsmedizin* (S. 190-198). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Müller, M. J., Bosity-Westphal, A., Klaus, S., Kreymann, G., Luhrmann, P. M., Neuhauser-Berthold, M., Noack, R., Pirke, K. M., Platte, P., Selberg, O. and Steiniger, J. (2004). World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr*, 80(5), 1379-1390.

Murad, M. H., Drake, M. T., Mullan, R. J., Mauck, K. F., Stuart, L. M., Lane, M. A., Abu Elnour, N. O., Erwin, P. J., Hazem, A., Puhan, M. A., Li, T. and Montori, V. M. (2012). Clinical review. Comparative effectiveness of drug treatments to prevent fragility fractures: a systematic review and network meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*, 97(6), 1871-1880.

Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S. F., Abraham, J. P., Abu-Rmeileh, N. M., Achoki, T., AlBuhairan, F. S., Alemu, Z. A., Alfonso, R., Ali, M. K., Ali, R., Guzman, N. A., Ammar, W., Anwari, P., Banerjee, A., Barquera, S., Basu, S., Bennett, D. A., Bhutta, Z., Blore, J., Cabral, N., Nonato, I. C., Chang, J. C., Chowdhury, R., Courville, K. J., Criqui, M. H., Cundiff, D. K., Dabhadkar, K. C., Dandona, L., Davis, A., Dayama, A., Dharmaratne, S. D., Ding, E. L., Durrani, A. M., Esteghamati, A., Farzadfar, F., Fay, D. F., Feigin, V. L., Flaxman, A., Forouzanfar, M. H., Goto, A., Green, M. A., Gupta, R., Hafezi-Nejad, N., Hankey, G. J., Harewood, H. C., Havmoeller, R., Hay, S., Hernandez, L., Husseini, A., Idrisov, B. T., Ikeda, N., Islami, F., Jahangir, E., Jassal, S. K., Jee, S. H., Jeffreys, M., Jonas, J. B., Kabagambe, E. K., Khalifa, S. E., Kengne, A. P., Khader, Y. S., Khang, Y. H., Kim, D., Kimokoti, R. W., Kinge, J. M., Kokubo, Y., Kosen, S., Kwan, G., Lai, T., Leinsalu, M., Li, Y., Liang, X., Liu, S., Logroscino, G., Lotufo, P. A., Lu, Y., Ma, J., Mainoo, N. K., Mensah, G. A., Merriman, T. R., Mokdad, A. H., Moschandreas, J., Naghavi, M., Naheed, A., Nand, D., Narayan, K. M., Nelson, E. L., Neuhouser, M. L., Nisar, M. I., Ohkubo, T., Oti, S. O., Pedroza, A., Prabhakaran, D., Roy, N., Sampson, U., Seo, H., Sepanlou, S. G., Shibuya, K., Shiri, R., Shiue, I., Singh, G. M., Singh, J. A., Skirbekk, V., Stapelberg, N. J., Sturua, L.,

Sykes, B. L., Tobias, M., Tran, B. X., Trasande, L., Toyoshima, H., van de Vijver, S., Vasankari, T. J., Veerman, J. L., Velasquez-Melendez, G., Vlassov, V. V., Vollset, S. E., Vos, T., Wang, C., Wang, X., Weiderpass, E., Werdecker, A., Wright, J. L., Yang, Y. C., Yatsuya, H., Yoon, J., Yoon, S. J., Zhao, Y., Zhou, M., Zhu, S., Lopez, A. D., Murray, C. J. and Gakidou, E. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*, 384(9945), 766-781.

Onakpoya, I. J., Perry, R., Zhang, J. and Ernst, E. (2011). Efficacy of calcium supplementation for management of overweight and obesity: systematic review of randomized clinical trials. *Nutr Rev*, 69(6), 335-343.

Parikh, S. J., Edelman, M., Uwaifo, G. I., Freedman, R. J., Semega-Janneh, M., Reynolds, J. and Yanovski, J. A. (2004). The relationship between obesity and serum 1,25-dihydroxy vitamin D concentrations in healthy adults. *J Clin Endocrinol Metab*, 89(3), 1196-1199.

Payahoo, L., Ostadrahimi, A., Mobasser, M., Khaje Bishak, Y., Farrin, N., Asghari Jafarabadi, M. and Mahluji, S. (2013). Effects of Zinc Supplementation on the Anthropometric Measurements, Lipid Profiles and Fasting Blood Glucose in the Healthy Obese Adults. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 3(1), 161-165.

Peeters, A., Barendregt, J. J., Willekens, F., Mackenbach, J. P., Al Mamun, A. and Bonneux, L. (2003). Obesity in adulthood and its consequences for life expectancy: a life-table analysis. *Ann Intern Med*, 138(1), 24-32.

Pischon, T., Boeing, H., Hoffmann, K., Bergmann, M., Schulze, M. B., Overvad, K., van der Schouw, Y. T., Spencer, E., Moons, K. G., Tjønneland, A., Halkjaer, J., Jensen, M. K., Stegger, J., Clavel-Chapelon, F., Boutron-Ruault, M. C., Chajes, V., Linseisen, J., Kaaks, R., Trichopoulou, A., Trichopoulos, D., Bamia, C., Sieri, S., Palli, D., Tumino, R., Vineis, P., Panico, S., Peeters, P. H., May, A. M., Bueno-de-Mesquita, H. B., van Duijnhoven, F. J., Hallmans, G., Weinehall, L., Manjer, J., Hedblad, B., Lund, E., Agudo, A., Arriola, L., Barricarte, A., Navarro, C., Martinez, C., Quiros, J. R., Key, T., Bingham, S., Khaw, K. T., Boffetta, P., Jenab, M., Ferrari, P. and Riboli, E. (2008). General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *N Engl J Med*, 359(20), 2105-2120.

Pories, W. J. (2008). Bariatric surgery: risks and rewards. *J Clin Endocrinol Metab*, 93(11 Suppl 1), S89-96.

Rankinen, T., Zuberi, A., Chagnon, Y. C., Weisnagel, S. J., Argyropoulos, G., Walts, B., Perusse, L. and Bouchard, C. (2006). The human obesity gene map: the 2005 update. *Obesity (Silver Spring)*, 14(4), 529-644.

Reid, I. R. (2014). Should We Prescribe Calcium Supplements For Osteoporosis Prevention? *Journal of Bone Metabolism*, 21(1), 21-28.

Roth, J., Qiang, X., Marban, S. L., Redelt, H. and Lowell, B. C. (2004). The obesity pandemic: where have we been and where are we going? *Obes Res*, 12 Suppl 2, 88s-101s.

Rowland, M. L. (1990). Self-reported weight and height. *Am J Clin Nutr*, 52(6), 1125-1133.

Sassen, M. (2010). *Lebensmittelverzehr von 280 übergewichtigen und adipösen Patienten*. Dissertation. Technische Universität München.

- Schusdziarra, V. and Hausmann, M. (2010). *Satt essen und abnehmen - Individuelle Ernährungsumstellung ohne Diät*. Neu-Isenburg: Medizinische Medien Informations GmbH.
- Schusdziarra, V., Hausmann, M., Sassen, M., Kellner, M., Mittermeier, J. and Erdmann, J. (2011). Beziehung zwischen Frühstückskalorien, täglicher Energieaufnahme und Lebensmittelverzehr. *Aktuel Ernährungsmed*, 36(04), 232-240.
- Schusdziarra, V., Hausmann, M., Zimmermann, C., Wagner, A. and Erdmann, J. (2012). Erfolgreiche Gewichtsreduktion und -stabilisierung durch Ernährungsumstellung auf Basis der Energiedichte – Veränderung des Verzehrs verschiedener Lebensmittelgruppen. *Aktuel Ernährungsmed*, 37(06), 326-335.
- Schusdziarra, V., Sassen, M., Hausmann, M., Barth, C. and Erdmann, J. (2009). Lebensmittelverzehr Übergewichtiger und Adipöser. *Aktuel Ernährungsmed*, 34(01), 19-32.
- Schusdziarra, V., Sassen, M., Hausmann, M., Wittke, C. and Erdmann, J. (2009). Lebensmittelverzehr sowie Energieaufnahme, Essensmenge und Energiedichte bei Haupt- und Zwischenmahlzeiten Übergewichtiger und Adipöser. *Aktuel Ernährungsmed*, 34(04), 186-194.
- Schusdziarra, V., Wolfschlager, K., Hausmann, M., Wagenpfeil, S. and Erdmann, J. (2014). Accuracy of resting energy expenditure calculations in unselected overweight and obese patients. *Ann Nutr Metab*, 65(4), 299-309.
- Schwingshackl, L., Hoffmann, G., Kalle-Uhlmann, T., Arregui, M., Buijsse, B. and Boeing, H. (2015). Fruit and Vegetable Consumption and Changes in Anthropometric Variables in Adult Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *PLoS One*, 10(10), e0140846.
- Slimani, N., Freisling, H., Illner, A.-K. and Huybrechts, I. (2015). Methods to Determine Dietary Intake In: S. Sharma, S. Lanham-New, J. Lovegrove and L. Hodson (Hrsg.), *Nutrition Research Methodologies in The Nutrition Society Textbook Series* (S. 48-70). Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.
- Souci, S. W., Fachmann, W., Kraut, H. and Kirchhoff, E. (2008). *Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen*. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers.
- Spencer, E. A., Appleby, P. N., Davey, G. K. and Key, T. J. (2002). Validity of self-reported height and weight in 4808 EPIC-Oxford participants. *Public Health Nutr*, 5(4), 561-565.
- Stice, E., Palmrose, C. A. and Burger, K. S. (2015). Elevated BMI and Male Sex Are Associated with Greater Underreporting of Caloric Intake as Assessed by Doubly Labeled Water. *J Nutr*, 145(10), 2412-2418.
- Stokic, E., Kupusinac, A., Tomic-Nagic, D., Zavisic, B. K., Mitrovic, M., Smiljenic, D., Soskic, S. and Isenovic, E. (2015). Obesity and vitamin D deficiency: trends to promote a more proatherogenic cardiometabolic risk profile. *Angiology*, 66(3), 237-243.
- Taylor, C. M., Bacon, J. R., Aggett, P. J. and Bremner, I. (1991). Homeostatic regulation of zinc absorption and endogenous losses in zinc-deprived men. *Am J Clin Nutr*, 53(3), 755-763.
- Union Deutsche Lebensmittelwerke GmbH (1995). *Mengenlehre für die Küche*. Hamburg.
- Weiß, C. (2013). *Basiswissen medizinische Statistik*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

WHO-Europa (2006). 10x Wissenswertes über Adipositas [Internetseite]. Abgerufen am: 26.11.2015, von <http://www.sportunion.at/club/1/doc/1NEWS/Adipositas.pdf>.

WHO-Europa (2007). Die Herausforderung Adipositas und Strategien zu ihrer Bekämpfung in der Europäischen Region der WHO: Zusammenfassung [Internetseite]. Abgerufen am: 26.11.2015, von http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/98247/E89858G.pdf.

WHO (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser*, 894, 9, 42-43.

Wing, R. R., Nowalk, M. P., Epstein, L. H. and Koeske, R. (1986). Calorie-counting compared to exchange system diets in the treatment of overweight patients with type II diabetes. *Addict Behav*, 11(2), 163-168.

Wortsman, J., Matsuoka, L. Y., Chen, T. C., Lu, Z. and Holick, M. F. (2000). Decreased bioavailability of vitamin D in obesity. *Am J Clin Nutr*, 72(3), 690-693.

Zemel, M. B., Shi, H., Greer, B., Dirienzo, D. and Zemel, P. C. (2000). Regulation of adiposity by dietary calcium. *FASEB Journal*, 14(9), 1132-1138.

Zittermann, A. and Gummert, J. F. (2010). Nonclassical vitamin D action. *Nutrients*, 2(4), 408-425.

Danksagung

Mein außerordentlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Volker Schusdziarra für die freundliche Überlassung des Themas und die stets konstruktive und tatkräftige Unterstützung für die Entwicklung dieser Dissertation bis hin zur Auswertung der Ergebnisse. Dank der Möglichkeit ihn stets telefonisch oder persönlich zu erreichen und seinem großen Interesse und seinen guten Ideen gelang es diese umfassende Arbeit zu erstellen.

Weiterhin gilt ein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. med. Johannes Erdmann, der die Doktorarbeit nach dem Tod von Prof. Dr. med. Volker Schusdziarra übernommen hat. Trotz seines immer vollen Terminkalenders war es stets möglich, ihn zu erreichen, um konstruktiv an der Dissertation zu arbeiten. Mit viel Kompetenz, Energie und Begeisterung für die Ernährungsmedizin verhalf er dieser Arbeit zu einem erfolgreichen Ende.

Auch bei Herrn Prof. Dr. Stefan Wagenpfeil möchte ich mich für die statistische Beratung und Unterstützung und bei Frau Margit Haussmann für die Einarbeitung in die Handhabung der Ernährungsprotokolle und in die Software Prodi® bedanken.

Mein persönlicher Dank richtet sich an meine Eltern Christa und Hans Häusele, die mich in jeder Lebensphase immer mit vollem Einsatz und viel Liebe unterstützt haben. Ebenso möchte ich mich meinem Freund Laif Peltz und meiner Schwester Claudia Häusele, die mir bei der Dissertation mit viel Rat und Kompetenz zur Seite standen, herzlichst bedanken.

Mein Dank gilt zudem allen Patienten, die an der Studie teilgenommen haben und durch ihre Bereitschaft zu detaillierten Aufzeichnungen ihrer Ernährungsgewohnheiten diese Doktorarbeit erst möglich gemacht haben.