

# **Entwicklung eines Index zur Bewertung der Ernährungsqualität in der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)**

## **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science  
im Fach Ernährungswissenschaft

Universität Potsdam  
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät  
Institut für Ernährungswissenschaft

angefertigt am:  
Robert Koch-Institut  
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring  
Fachgebiet für Gesundheitsverhalten

vorgelegt von: Daria-Alina Kuhn  
geboren in Duisburg  
Matrikelnummer: 784542  
Tag der Abgabe: 06.10.2017

1. Gutachter: Herr Prof. Dr. Matthias Schulze  
Deutsches Institut für Ernährungsforschung  
Abteilung für Molekulare Epidemiologie
2. Gutachter: Herr Dr. Gert Mensink  
Robert Koch-Institut  
Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring  
Fachgebiet für Gesundheitsverhalten

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Einheitenverzeichnis .....	VI
1 Einleitung .....	1
1.1 Ziele .....	2
1.2 Aufbau.....	3
2 Theoretischer Hintergrund.....	4
2.1 Public Health-Relevanz .....	4
2.2 Ernährungsempfehlungen für Erwachsene in Deutschland gemäß dem DGE- Ernährungskreis.....	5
2.3 Das Konzept der Ernährungsqualität in der Epidemiologie .....	7
2.4 Bewertung der Ernährungsqualität durch Indices .....	7
3 Biomarker.....	10
3.1 Bedeutung der in der Arbeit analysierten Biomarker für die Gesundheit.....	10
3.2 Biomarker des kardiovaskulären Status .....	10
3.2.1 Blutzucker und Insulin .....	11
3.2.2 Blutdruck.....	12
3.2.3 Serumlipide .....	13
3.3 Biomarker des Nährstoffstatus .....	14
3.3.1 Ferritin.....	14
3.3.2 Folsäure .....	15
3.3.3 Vitamin B <sub>12</sub> (Cobalamin).....	16
3.3.4 25-OH-Cholecalciferol (Vitamin D) .....	16
4 Methodik der Datenanalyse .....	18
4.1 Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS).....	18
4.1.1 Rekrutierung der Studienteilnehmer und das Stichprobendesign .....	18
4.1.2 Erhebungsinstrumente .....	19

4.1.3	Entwicklung des Ernährungsindex für DEGS1.....	24
4.1.4	Statistische Auswertung.....	34
5	Ergebnisse.....	41
5.1	Vergleich der Ernährung mit den geltenden Empfehlungen.....	41
5.2	Die Ernährungsqualität Erwachsener in Deutschland.....	45
5.2.1	Determinanten der Ernährungsqualität.....	46
5.3	Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und.....	51
	Biomarkern des kardiovaskulären Status sowie des Nährstoff-.....	51
	status.....	51
5.3.1	Blutzucker und Insulin.....	52
5.3.2	Blutdruck.....	52
5.3.3	Serumlipide.....	52
5.3.4	Nährstoffe.....	54
6	Diskussion.....	57
6.1	Ergebnisdiskussion.....	57
6.2	Methodenkritik.....	66
	Schlussfolgerung.....	73
	Zusammenfassung.....	76
	Literaturverzeichnis.....	80

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der DGE-Ernährungskreis .....	6
Abbildung 2: Beispielfrage des FFQ zur Erfassung des Saftverzehrs .....	23
Abbildung 3: Vergleich der Verzehrmenen der Männer mit den Empfehlungen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1 .....	43
Abbildung 4: Vergleich der Verzehrmenen der Frauen mit den Empfehlungen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1 .....	43
Abbildung 5: Vergleich der Verzehrmenen der Männer mit den geduldeten Verzehrmenen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1 .....	44
Abbildung 6: Vergleich der Verzehrmenen der Frauen mit den geduldeten Verzehrmenen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1 .....	44
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Punktwerte des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht .....	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Antwortkategorien der Verzehrhäufigkeiten und ihre Umrechnung in Gelegenheiten pro 28 Tage .....	23
Tabelle 2: Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 mit den einzelnen Gruppenbestandteilen und der jeweiligen empfohlenen bzw. geduldeten Verzehrmenge .....	25
Tabelle 3: Punktvergabe für die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 .....	32
Tabelle 4: Verteilungsparameter des HEI-DEGS1 .....	45
Tabelle 5: Anzahl bzw. prozentualer Anteil der Studienteilnehmer sowie Mittelwerte des HEI-DEGS1 mit Konfidenzintervall gemäß potentieller Determinanten getrennt nach Geschlecht .....	49
Tabelle 6: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des kardiovaskulären Status gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Männer) .....	53
Tabelle 7: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des kardiovaskulären Status gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Frauen) .....	54
Tabelle 8: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des Nährstoffstatus gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Männer) .....	55
Tabelle 9: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des Nährstoffstatus gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Frauen) .....	55

## Abkürzungsverzeichnis

AICR	American Institute for Cancer Research
BGS98	Bundes-Gesundheitssurveys 1998
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMI	Body-Mass-Index
CDCP	Centers for Disease Control and Prevention
DEGS (1)	Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (1.Welle)
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V.
EFSA	European Food Safety Authority
FFQ	Food Frequency Questionnaire
GBE	Gesundheitsberichterstattung des Bundes
HbA <sub>1c</sub>	Hämoglobin A1c
HDL	High-Density-Lipoprotein
HEI-DEGS1	Healthy Eating Index für DEGS1
HuSKY	Healthy Nutrition Score for Kids and Youth
KHK	koronare Herzkrankheit
KI	Konfidenzintervall
KiGGS	Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland
LDL	Low-Density-Lipoprotein
MRI	Max Rubner-Institut
NVS II	Nationale Verzehrsstudie II
NCDs	nichtübertragbare Krankheiten (engl. non-communicable diseases)
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
RKI	Robert Koch-Institut
SD	Standardabweichung
SEM	Standardfehler des Mittelwertes
WCRF	World Cancer Research Fund
WEF	World Economic Forum
WHO	World Health Organization

## Einheitenverzeichnis

€	Euro
°C	Grad Celsius
dl	Deziliter
g	Gramm
kg	Kilogramm
l	Liter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
mg	Milligramm
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mU	Milli-Units
ng	Nanogramm
nmol	Nanomol
pg	Pikogramm
μU	Mikro-Units
μg	Mikrogramm
%	Prozent

# 1 Einleitung

Die Ernährung hat einen bedeutenden Einfluss auf den individuellen Gesundheitszustand des Menschen (WHO, 2003; RKI und Destatis, 2015). Neben körperlicher Aktivität, Tabak- und Alkoholkonsum, zählt sie in entwickelten Ländern zu den wichtigsten modifizierbaren Determinanten des Gesundheitsverhaltens (WHO, 2002a, 2002b, 2009). Derweil besteht nicht allein in modernen Gesellschaften die Tendenz für eine unausgewogene Ernährungsweise durch Lebensmittel mit hoher Energie- und gleichzeitig geringer Nährstoffdichte sowie einem hohen Fett-, Zucker- und Salzgehalt (WHO, 2002a; Popkin und Gordon-Larsen, 2004). Ein solches Ernährungsverhalten wird als eine wesentliche Ursache für die weltweit um sich greifende Adipositas-Epidemie angesehen (Bleich *u. a.*, 2008; Swinburn, Sacks und Ravussin, 2009; Swinburn *u. a.*, 2011). Die zahlreichen mit Adipositas assoziierten Begleiterkrankungen, stellen schwerwiegende Herausforderungen für Gesundheitssysteme und die Gesundheitspolitik dar.

Um den Einfluss der Ernährung auf die Gesundheit zu untersuchen, lag der Fokus vergangener ernährungsepidemiologischer Studien häufig auf einzelnen Nährstoffen und/oder Lebensmitteln (Madden und Yoder, 1972; Clarke und Wakefield, 1975; Kushi *u. a.*, 1985; Farchi *u. a.*, 1989). Die Ernährung des Menschen ist jedoch sehr komplex und unterliegt großer individueller Variabilität. Einzelne Nahrungsbestandteile können auf vielfältige Weise miteinander interagieren und beeinflussen ihre Bioverfügbarkeit und Absorption (Kourlaba und Panagiotakos, 2009). Zunehmend ist sich die Wissenschaft darüber einig, dass die Ernährung nicht durch einzelne Nahrungskomponenten (Nährstoffe oder Lebensmittel) wiedergespiegelt werden kann (Kant, 1996; Ocke, 2013; Carvalho *u. a.*, 2014). Um das aktuelle Ernährungsverhalten einer Gruppe oder Bevölkerung untersuchen und bewerten zu können, werden deshalb immer häufiger nicht einzelne Komponenten, sondern die Ernährung als Ganzes betrachtet. Hierfür wurden verschiedene Indices bzw. Scores der Ernährungsqualität entwickelt (Kant, 1996; Waijers, Feskens und Ocke, 2007; Arvaniti und Panagiotakos, 2008; Fransen und Ocké, 2008; Diethelm, Sichert-Hellert und Kersting, 2009; Kourlaba und Panagiotakos, 2009; Wirt und Collins, 2009; Ocke, 2013; Carvalho *u. a.*, 2014; Gil, Victoria und Olza, 2015). Indices oder Scores der Ernährungsqualität sind zusammengesetzte Instrumente, die es ermöglichen, einzelne Parameter der Ernährung zu einem einzigen Indikator zusammenzufassen und hinsichtlich einer „gesunden Ernährung“ zu kategorisieren (Arvaniti und Panagiotakos, 2008).

Ernährungsindices bieten die Möglichkeit, die Ernährung einer Gruppe oder Bevölkerung auf vielfältige Weise zu analysieren. So untersuchen bestehende Studien an Hand von Ernährungsindices *u. a.* den Grad der Übereinstimmung der Ernährung mit den Empfehlungen,



Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten im Zeitverlauf und den Vergleich der Ernährung nach soziodemographischen Parametern (Kennedy *u. a.*, 1995; Hu, 2002; McCabe-Sellers *u. a.*, 2007; Fransen und Ocké, 2008; Garriguet, 2009). Trotz der zahlreichen Einsatzmöglichkeiten von Ernährungsindices und ihrer Eignung, die Gesamternährungsqualität einer Bevölkerung verhältnismäßig schnell und einfach einschätzen zu können, liegen hierzu nur wenige Daten für die erwachsene Bevölkerung in Deutschland vor. Wissenschaftlich fundierte Informationen zum Ernährungsverhalten sind jedoch von großer Bedeutung, denn eine gesunde und ausgewogene Ernährung im Erwachsenenalter spielt für die Minimierung zahlreicher Erkrankungsrisiken eine wichtige Rolle und kann den Verlauf bestehender ernährungsmitbedingter Krankheiten mildern (Dauchet *u. a.*, 2006; Heidemann *u. a.*, 2008; WHO, 2009, 2011).

Zur Analyse der Beziehung zwischen der Gesamternährungsqualität und der Gesundheit, wurden in bisherigen Studien überwiegend die Nährstoffzufuhr, Erkrankungsrisiken und die Gesamtmortalität betrachtet (WHO, 2003; Arvaniti und Panagiotakos, 2008; Willett und Stampfer, 2013). Neben diesen Parametern können Zusammenhänge an Hand von Biomarkern untersucht werden. Biomarker sind relativ objektive Messparameter, die es ermöglichen, die aktuelle Ernährungssituation auf ernährungsphysiologischer Ebene durch einzelne Messwerte darzustellen. Für die deutsche erwachsene Bevölkerung liegen bislang jedoch auch hierzu keine wissenschaftlichen Untersuchungen vor.

Die bestehenden Wissenslücken sollen mit der vorliegenden Arbeit nun geschlossen werden, indem die Ernährungsqualität der erwachsenen deutschen Bevölkerung mit einem relativ einfachen Ernährungsindex bewertet wird. Unter Verwendung von aktuellen Daten zu den Ernährungsgewohnheiten Erwachsener in Deutschland, die im Rahmen der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS) erhoben wurden, können auf diese Weise umfassende, bundesweit repräsentative Daten zur Ernährungsqualität und Zusammenhänge zu ausgewählten Biomarkern als objektiv gemessene Endpunkte ausgewertet werden.

## **1.1 Ziele**

Grundlage der vorliegenden Masterarbeit ist die Entwicklung eines Ernährungsindex, der eine Bewertung des aktuellen Ernährungsverhaltens innerhalb der erwachsenen deutschen Bevölkerung ermöglicht.

Durch die Arbeit sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Wie sieht es mit der Ernährung der erwachsenen deutschen Bevölkerung in Bezug auf die in Deutschland geltenden Ernährungsempfehlungen aus?
2. Wie ist die Ernährungsqualität der erwachsenen deutschen Bevölkerung und von welchen Determinanten wird sie beeinflusst?

3. Welche Zusammenhänge können zwischen der Ernährungsqualität und Biomarkern der Gesundheit beobachtet werden?

Die gewonnenen Erkenntnisse bieten Entscheidungsträgern und Gesundheitsexperten im Public Health Bereich Aufschluss zu der aktuellen Ernährungssituation Erwachsener in Deutschland. Besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen können identifiziert und beschrieben werden, um zielgruppenspezifische Strategien und Maßnahmen zur Gesundheitserhaltung und Prävention von ernährungsmitbedingten Erkrankungen entwickeln bzw. anpassen zu können und gesundheitspolitische Maßnahmen zu evaluieren. Der entwickelte Ernährungsindex bietet überdies die Möglichkeit, für andere epidemiologischen Analysen eingesetzt zu werden, um weitere Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und spezifischen gesundheitsbezogenen Aspekten zu untersuchen.

## **1.2 Aufbau**

Zur Ausarbeitung der Fragestellungen ist diese Arbeit wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 wird zunächst auf wichtige Hintergründe der Thematik eingegangen. Hierzu zählt die Relevanz der Ernährung in Bezug zu ernährungsmitbedingten Krankheiten, die Darstellung der für die deutsche Bevölkerung geltenden Ernährungsempfehlungen, das Konzept der Ernährungsqualität sowie die Bewertung der Ernährungsqualität durch Ernährungsindices. Im darauffolgenden Kapitel 3 wird die Definition des Begriffes Biomarker näher beschrieben und die Bedeutung der für die Arbeit ausgewählten Biomarker in Hinblick auf die Gesundheit erläutert. Kapitel 4 befasst sich mit dem methodischen Vorgehen der Arbeit. Hierfür wird zunächst auf die den Daten zu Grunde liegende Studie DEGS1 eingegangen und wichtige methodische Aspekte erläutert. Es folgt eine Beschreibung der Vorgehensweise der Entwicklung des Ernährungsindex für DEGS1 und die durchgeführten statistischen Analysen. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Analysen der vorliegenden Arbeit dargelegt. Im letzten Kapitel 6 erfolgt die Diskussion der Ergebnisse, Ausführungen zur Methodenkritik sowie aus der Arbeit hervorgehende Schlussfolgerungen für Theorie und Praxis.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Public Health-Relevanz

Durch zunehmende Urbanisierung, Wirtschaftswachstum, technischen Fortschritt und kulturelle Veränderungen, unterlag das Ernährungsverhalten in der Vergangenheit rasanten Veränderungen (WHO, 2003). Mehr als jeder Dritte Erwachsene weltweit hatte im Jahr 2013 einen Body-Mass-Index (BMI) größer als  $25 \text{ kg/m}^2$  und war demnach übergewichtig oder adipös (Männer 36,9 %, Frauen 38,0 %). Der Anteil an übergewichtigen oder adipösen Jugendlichen lag 2013 weltweit bei mehr als 20 % (Jungen 23,8 %, Mädchen 22,6 %) (Ng *u. a.*, 2014). Mit DEGS1 (Datenerhebung 2008 bis 2011) bestätigt das Robert Koch-Institut (RKI), dass Übergewicht auch in Deutschland weit verbreitet ist. Demnach sind bereits zwei Drittel der Männer (67,1 %) und die Hälfte der Frauen (53,0 %) übergewichtig (Mensink *u. a.*, 2013).

Übergewicht und Adipositas zählen neben einem erhöhten Blutdruck, Tabakkonsum, erhöhtem Blutzucker und körperlicher Inaktivität zu den Hauptrisikofaktoren für sogenannte nicht-übertragbare Krankheiten (engl. non-communicable diseases, NCDs) (WHO, 2011). NCDs sind chronische Erkrankungen, die auf einer Kombination genetischer und physiologischer Umgebungs- und Verhaltensfaktoren beruhen. Zu den häufigsten NCDs zählen kardiovaskuläre Erkrankungen wie ein Herzinfarkt oder Schlaganfall, Krebs, chronisch respiratorische Erkrankungen sowie Diabetes (WHO, 2017). Schon heute sind NCDs die Hauptursache aller weltweiten Todesfälle (WHO, 2008, 2017). Jährlich verursachen sie den Tod von 40 Millionen Menschen (WHO, 2017).

In Studien konnte gezeigt werden, dass eine Ernährungsweise, reich an verarbeiteten, energiedichten und nährstoffarmen Lebensmitteln, in enger Beziehung steht zu einem erhöhten Auftreten an NCDs (WHO, 2003; Willett und Stampfer, 2013; GBD 2013 Risk Factors Collaborators, 2015). Eine Ernährung reich an Obst und Gemüse hingegen, kann vor NCDs schützen (WCRF und AICR, 2007; Boeing, Bechthold, Bub, Ellinger, Haller, Kroke, Leschik-Bonnet, *u. a.*, 2012). Eine Vielzahl an Studien hat belegt, dass eine adäquate Obst- und Gemüsezufuhr, ein hoher Konsum an Vollkornprodukten, Nüssen und Fisch, bzw. ein geringer Konsum an rotem und verarbeitetem Fleisch, das Risiko für verschiedene chronische Erkrankungen sowie eine frühzeitige Mortalität reduzieren kann (Dauchet *u. a.*, 2006; Heidemann *u. a.*, 2008; WHO, 2009, 2011; DGE, 2016).

Schätzungen zu Folge liegt der Kostenanteil für die Behandlung ernährungsmitbedingter Erkrankungen in Deutschland bei fast einem Drittel aller Gesundheitsausgaben (BMEL, 2013). Im Jahr 2015 lagen diese bei 344 153 Millionen Euro. Das sind in etwa elf Prozent des Bruttoinlandsproduktes (GDP, 2017). Der Ernährung der Bevölkerung kann demnach ein

enormes Präventionspotential zugeschrieben werden (WHO, 2003; WCRF und AICR, 2007; WHO / WEF, 2008).

## **2.2 Ernährungsempfehlungen für Erwachsene in Deutschland gemäß dem DGE-Ernährungskreis**

Zur Förderung einer gesunden und nachhaltigen Ernährungsweise, haben bereits mehr als 80 Länder weltweit lebensmittelbasierte Ernährungsempfehlungen als Komponente einer ganzheitlichen Ernährungspolitik entwickelt (Fischer und Garnett, 2016). Die offiziell gültigen lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen in Deutschland, werden von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) in Form der 10 Regeln für eine vollwertige Ernährung, dem DGE-Ernährungskreis und der Dreidimensionalen DGE-Lebensmittelpyramide herausgegeben (DGE, 2017a). Im Gegensatz zur Dreidimensionalen Pyramide, die die ernährungsphysiologische Qualität von Lebensmitteln darstellt, berücksichtigt der DGE-Ernährungskreis vor allem die quantitativen Aspekte der Ernährung. Eine vollwertige Ernährung, wie sie der DGE-Ernährungskreis widerspiegelt, soll Wachstum, Entwicklung und Leistungsfähigkeit sowie die Gesundheit des Menschen fördern bzw. erhalten. Sie ermöglicht, dass alle lebensnotwendigen Nährstoffe entsprechend den D-A-CH Referenzwerten (Referenzwerte der Fachgesellschaften Deutschlands (D), Österreichs (A) und der Schweiz (CH)) aufgenommen werden und das Risiko für ernährungsmitbedingte Krankheiten minimiert wird. Hierfür wurden evidenzbasierte Leitlinien und systematische Übersichtsarbeiten der DGE und anderer Fachgesellschaften berücksichtigt (Oberritter *u. a.*, 2013; Jungvogel *u. a.*, 2016; DGE, 2017b).

Der DGE-Ernährungskreis ist in sieben Lebensmittelgruppen unterteilt, die in der grafischen Darstellung durch Zahlen und entsprechende anteilige Kreessegmente (für die Gruppen 1 bis 6) veranschaulicht werden: Gruppe 1: Getreide/Getreideprodukte/Kartoffeln, Gruppe 2: Gemüse und Salat, Gruppe 3: Obst, Gruppe 4: Milch- und Milchprodukte, Gruppe 5: Fleisch/Wurst/Fisch/Eier, Gruppe 6: Öle und Fette (siehe Abbildung 1). Im Zentrum des DGE-Ernährungskreises steht Gruppe 7 für Getränke. Die einzelnen Segmente des Ernährungskreises veranschaulichen die Mengenrelation der Lebensmittelgruppen. Je größer ein Kreessegment ist, desto mehr sollte von der jeweiligen Lebensmittelgruppe verzehrt werden. Für jede der sieben Lebensmittelgruppen werden Mengenvorschläge in Gramm pro Zeiteinheit (Tag oder Woche) angegeben (siehe Anhang A). Bei den Mengenvorschlägen handelt es sich um reine Orientierungswerte. Dies begründet sich daraus, dass die hierfür durchgeführten Berechnungen auf Personen mit einer Energiezufuhr zwischen 1600 und 2400 Kilokalorien bei überwiegend sitzender Tätigkeit beruhen (Oberritter *u. a.*, 2013). Die Orientierungswerte zeigen, wie eine vollwertige Ernährung aussehen könnte und erlauben individuel-

le Anpassungen. Da der Energiebedarf individuell von Person zu Person schwanken kann und von vielen Faktoren wie Geschlecht, Alter, körperlicher Aktivität etc. abhängt, können keine absoluten Mengenangaben vorgegeben werden. Ist als Orientierungswert eine Spannweite angegeben, beziehen sich die niedrigeren Werte auf Personen mit einem niedrigeren Energiebedarf, die oberen Werte auf Personen mit einem höheren Energiebedarf. Da der Ernährungskreis eine optimale Verteilung der Lebensmittelzufuhr im Durchschnitt einer Woche darstellt, muss die Lebensmittel(gruppen)-Relation nicht jeden Tag exakt erreicht werden (Jungvogel *u. a.*, 2016).



Abbildung 1: Der DGE-Ernährungskreis (DGE, 2017a)

## 2.3 Das Konzept der Ernährungsqualität in der Epidemiologie

Seit zwei Jahrzehnten taucht der Begriff der Ernährungsqualität immer häufiger in ernährungswissenschaftlicher Forschungsliteratur auf, um das Ernährungsverhalten von Bevölkerungsgruppen zu beschreiben oder um ernährungsbezogene Interventionen zu überprüfen (Patterson, Haines und Popkin, 1994; Drewnowski *u. a.*, 1996). Doch bleibt häufig unklar, wodurch Ernährungsqualität sich im Detail definieren lässt, was sich also im Detail hinter dem Begriff verbirgt. So beschreibt die Autorin Alkerwi in ihrem Artikel „Diet quality concept“: „Confusion surrounds the term, as there is no consensus on how to define quality of the diet...“ (Alkerwi, 2014). Ernährungsqualität beschreibt meist, in wie fern die Ernährung eines Individuums mit bestimmten Ernährungsempfehlungen übereinstimmt. Eine gesunde, ausgewogene, nährstoffreiche Ernährung bedeutet, dass die individuellen Bedarfe an Nährstoffen gedeckt werden und der Gesundheitszustand aufrechterhalten bzw. verbessert werden kann (Elmadfa und Meyer, 2012; Alkerwi, 2014). Weiterhin wird angenommen, dass eine qualitative hochwertige Ernährung vom hygienischen Standpunkt aus sicher sein sollte, körperliches Wachstum sowie die geistige Entwicklung unterstützt, vor Krankheiten schützt und gesundheitlichen Risiken vorbeugt (Alkerwi, 2014). In wohlhabenden Gesellschaften spielen zudem zahlreiche weitere Faktoren eine bedeutsame Rolle für die Ernährungsqualität. Zu nennen sind hier beispielsweise Geschmack, Aussehen, Genuss, Gastronomie, Kultur und Bequemlichkeit (Elmadfa und Meyer, 2012). Ebenfalls wichtig sind der Anbau bzw. die Herstellung von Lebensmitteln. Schaut man über den Tellerrand der Ernährungswissenschaften hinaus, bestehen auf Public Health-Ebene zahlreiche sich gegenseitig überlappende Forschungsfelder wie die Toxikologie, Ökonomie, Lebensmittelwissenschaften und Soziologie (Alkerwi, 2014). Sie alle betrachten den Begriff der Ernährungsqualität von unterschiedlichen Standpunkten her und legen jeweils einen anderen Fokus. Der Begriff der Ernährungsqualität ist komplex und kann verschiedene Attribute zugeschrieben bekommen. Im weiteren Verlauf der vorliegenden Arbeit, liegt der Fokus auf einer ernährungsphysiologischen Sichtweise der Ernährungsqualität. Dies bedeutet, dass davon ausgegangen wird, dass eine qualitativ hochwertige Ernährung die ausreichende Zufuhr mit Nährstoffen sowie die Aufrechterhaltung und Förderung der Gesundheit beinhaltet.

## 2.4 Bewertung der Ernährungsqualität durch Indices

Die Ernährung hat einen großen Einfluss auf den Gesundheitsstatus des Menschen. Aus diesem Grund ist die Wissenschaft zur Beantwortung ernährungswissenschaftlicher Fragestellungen sehr daran interessiert, die gesundheitliche Qualität der Gesamternährung bewerten und quantifizieren zu können. Zur Bewertung der physiologischen Ernährungsqualität wurden vor allem seit dem späten 20. Jahrhundert bis zur Gegenwart zahlreiche Ernäh-

rungsindices entwickelt. Einige Übersichtsarbeiten und Reviews ermöglichen einen Überblick über die entstandenen Indices (Kant, 1996; Wajjers, Feskens und Ocke, 2007; Arvaniti und Panagiotakos, 2008; Fransen und Ocké, 2008; Diethelm, Sichert-Hellert und Kersting, 2009; Kourlaba und Panagiotakos, 2009; Wirt und Collins, 2009; Ocke, 2013; Carvalho *u. a.*, 2014; Gil, Victoria und Olza, 2015). Der Vorteil von Indices der Ernährungsqualität liegt darin, dass große Informationsmengen gesammelt und zu einem einzigen anwendbaren Indikator zusammengefügt werden. Indem bewusst spezifische Einzelbestandteile der Ernährung außer Acht gelassen werden, kann ein Ernährungsindex die Komplexität der Ernährung reduzieren und auf vereinfachte Weise bewerten.

Grundsätzlich sind bei Ernährungsindices zwei verschiedene methodische Ansätze zu unterscheiden: der „a priori“ und der „a posteriori“ Ansatz. Der „a priori“ Ansatz beruht auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand über die Ernährung und ihren Einfluss auf die Gesundheit. Indices mit diesem Ansatz, basieren auf im Vorhinein theoretisch definiertem Ernährungsverhalten gemäß den Ernährungsempfehlungen für eine gesunde Ernährung. Im Wesentlichen lassen sich beim „a priori“ Ansatz drei Arten an Indices unterscheiden:

1. Nährstoffbasierte Indices
2. Lebensmittel- bzw. lebensmittelgruppenbasierte Indices
3. Kombinierte Indices, die sowohl nährstoff-, als auch lebensmittel- bzw. lebensmittelgruppenbasiert sind

Nährstoffbasierte Indices beruhen hauptsächlich auf der Auswahl einer Gruppe an Nährstoffen, die als Indikatoren Rückschlüsse auf die Nährstoffzufuhr insgesamt ermöglichen sollen. Im Fokus steht dabei entweder die absolute Nährstoffzufuhr oder die Nährstoffdichte von Lebensmitteln (Diethelm, Sichert-Hellert und Kersting, 2009). Beispielsweise betrachtet der Individuals Nutritional Score (Clarke und Wakefield, 1975) die absolute Nährstoffzufuhr von Proteinen, fünf Vitaminen, zwei Mineralstoffen sowie die Energiezufuhr. Beim Index of Nutritional Quality (Sorenson *u. a.*, 1976) hingegen, liegt das Augenmerk auf der Nährstoffdichte einzelner Lebensmittel. Bei lebensmittel- bzw. lebensmittelgruppenbasierten Indices, wird der Verzehr von Lebensmitteln bzw. Lebensmittelgruppen mit lebensmittelbasierten Empfehlungen verglichen oder bezüglich der Ernährungsvielfalt beurteilt (Diethelm, Sichert-Hellert und Kersting, 2009). Der Food Based Quality Index (Lowik, Hulshof und Brussaard, 1999) beispielsweise, orientiert sich an den in den Niederlanden geltenden Ernährungsempfehlungen für Erwachsene und gleicht sieben verschiedene Lebensmittel bzw. Lebensmittelgruppen mit den Empfehlungen ab. Der Dietary Variety Index (Wahlqvist, Lo und Myers, 1989) beinhaltet 53 Lebensmittel und vergibt für eine größere Lebensmittelvielfalt mehr Punkte.

Kombinierte Indices wie der Healthy Eating Index (Guenther, Reedy und Krebs-Smith, 2008; Guenther *u. a.*, 2014) und einige seiner Variationen und der Diet Quality Index (Patterson,

Haines und Popkin, 1994), vergleichen den Verzehr von Lebensmitteln bzw. Lebensmittelgruppen mit lebensmittelbasierten Empfehlungen und zudem teilweise die Zufuhr einiger Nährstoffe (z.B. Cholesterin, Natrium, Proteine und Calcium) mit den Referenzwerten für die Aufnahme (Diethelm, Sichert-Hellert und Kersting, 2009; Gil, Victoria und Olza, 2015).

Bei nährstoffbasierten, lebensmittel- bzw. lebensmittelgruppenbasierten und kombinierten Indices steht der gesundheitliche Aspekt der Ernährung im Fokus. Die Bewertung solcher gesundheitsbezogenen Indices erfolgt verhältnismäßig strikt nach relativ objektiven Kriterien, wie wissenschaftlich evaluierten Ernährungsempfehlungen. Die theoretisch ideale Ernährungsform wird hierbei durch einen maximal erreichbaren Punktwert widerspiegelt.

Dem *a priori*“ Ansatz gegenüber steht der *„a posteriori“* Ansatz. Vorliegende Daten zum Lebensmittelverzehr werden hierbei durch statistische Analysen wie beispielsweise eine Komponenten- oder Clusteranalyse untersucht. Die Komponentenanalyse stützt sich dabei auf Wechselbeziehungen zwischen einzelnen Komponenten der Ernährung. Bei der Clusteranalyse werden Subgruppen der Studienpopulation gebildet. Diese vereinen diejenigen Personen in einem Cluster, die eine ähnliche Zufuhr bestimmter Lebensmittel besitzen (Newby und Tucker, 2004; Waijers, Feskens und Ocke, 2007; Ocke, 2013). Ein Beispiel für den *„a posteriori“* Ansatz stellen Ernährungsmuster dar. Bei ihnen kann es sich zwar um numerische Indices handeln, bei denen die Bewertung gemäß im Vorhinein festgelegter Ernährungsempfehlungen stattfindet (wie z.B. beim Healthy Eating Index), meist werden Ernährungsmuster jedoch erst im Nachhinein der Ernährungserfassung durch eine Komponenten- oder Clusteranalyse gebildet. Der Fokus liegt in diesem Falle auf dem bestehenden Ernährungsverhalten der Menschen und die Bewertung der Muster unterliegt einer empirischen, eher subjektiven Betrachtungsweise.



### **3 Biomarker**

Ein Biomarker ist ein objektiv messbares Charakteristikum, das als Indikator physiologischer oder pathologischer Prozesse dient oder eine Reaktion auf eine Intervention darstellt (Jain, 2010; Graefe, Lutz und Bönisch, 2011; Cross, Lampe und Rock, 2013). Biochemische Marker können in verschiedensten Proben, z.B. im Serum oder Urin analysiert werden (Kuhnle, 2015). Es können aber auch einfach erfassbare Messwerte wie Blutdruck und Puls als Biomarker fungieren. In der Ernährungsforschung werden Biomarker häufig als Referenzwerte eingesetzt, um die Validität und Genauigkeit einer Ernährungserhebungsmethode zu überprüfen, denn Biomarker sind weitestgehend objektive Maße mit größtmöglicher Unabhängigkeit von Bias, die mit den Studienteilnehmern und der angewandten Ernährungserhebungsmethoden in Verbindung stehen. Biomarker der Ernährung erfahren überdies hinaus breite Anwendung als biochemische Indikatoren der Nahrungszufuhr bzw. des Ernährungsstatus, des Ernährungsmetabolismus oder biologischer Konsequenzen der Ernährung (Jenab *u. a.*, 2009).

#### **3.1 Bedeutung der in der Arbeit analysierten Biomarker für die Gesundheit**

Als Indikatoren zukünftiger Erkrankungen können Biomarker häufig frühzeitig vor nachteiligen Effekten auf die Gesundheit warnen (Population Reference Bureau, 2008). Im Hinblick auf Zusammenhänge zwischen der Ernährung und dem Gesundheitszustand, gewinnen Biomarker zunehmend an Bedeutung. Biomarker eignen sich zum Monitoring der Gesundheit großer Populationen oder Bevölkerungsgruppen, da sie es ermöglichen, Risikogruppen zu identifizieren (Baetge, Dhawan und Prentice, 2016), sodass gezielte Interventions- und Präventionsmaßnahmen ergriffen werden können.

Im Gegensatz zu zahlreichen Studien über Zusammenhänge zwischen einzelnen Nährstoffen oder Lebensmitteln und Erkrankungen oder dem Mortalitätsrisiko, soll die vorliegende Arbeit die Beziehung zwischen der Qualität der Gesamternährung und ausgewählten Biomarkern der Gesundheit in Erfahrung bringen. Auf Grund der enormen Bedeutung von Herz-Kreislauferkrankungen als häufigste Todesursache in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2015), liegt der Fokus der Analyse auf Biomarkern, die den kardiovaskulären Status beeinflussen können. Darüber hinaus sollen Biomarkern des Nährstoffstatus untersucht werden.

#### **3.2 Biomarker des kardiovaskulären Status**

Biomarker, die mit dem kardiovaskulären Status in Verbindung stehen, sind hilfreiche Parameter zur Identifizierung von Hochrisikogruppen, damit schon frühzeitig Maßnahmen zur

Reduzierung des kardiovaskulären Risikos ergriffen werden können. Kardiovaskuläre Erkrankungen beschreiben Erkrankungen, die vom Gefäßsystem und/oder vom Herzen herrühren. Umfasst werden im weitesten Sinne alle Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems. Differenzierter betrachtet versteht man darunter jedoch vor allem solche Erkrankungen, deren pathologische Ursache die Arteriosklerose ist. Hierunter fallen insbesondere die koronare Herzkrankheit (KHK), Schlaganfälle und die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) (Gämperli *u. a.*, 2014). Hauptrisikofaktoren für die Entwicklung der Arteriosklerose sind neben dem Alter, männlichem Geschlecht und Rauchen, Krankheiten wie ein Diabetes mellitus, Bluthochdruck (Hypertonie) sowie Störungen des Fettstoffwechsels (Dyslipidämien) (Gämperli *u. a.*, 2014; Derosa und Maffioli, 2016). Ausgerichtet an den drei zuletzt genannten Risikofaktoren, wurden in Zusammenhang stehende Biomarker für die Zusammenhangsanalysen mit der Ernährungsqualität ausgewählt.

### 3.2.1 Blutzucker und Insulin

Die Laborparameter Hämoglobin A1c (HbA<sub>1c</sub>), die Nüchtern-Plasmaglukose und Insulin sind geläufige Biomarker zur Vorhersage des kardiovaskulären und diabetogenen Risikos (Population Reference Bureau, 2008; Holten *u. a.*, 2013; Montgomery und Brown, 2013). Als HbA<sub>1c</sub> bezeichnet man Hämoglobin, an das sich durch eine nichtenzymatische Reaktion ein Molekül Glukose angelagert hat (Neumeister *u. a.*, 2015). Bei Menschen mit Hyperglykämie steigt die Konzentration des glykierten Hämoglobins an, da die Glykierung von der Blutglukosekonzentration abhängig ist. Da die Glykierung irreversibel ist, gibt der Anteil des glykierten Hämoglobins in den Erythrozyten, Aufschluss über die mittlere Blutglukosekonzentration der letzten zwei bis drei Monate, entsprechend der mittleren Lebensdauer der Erythrozyten (Kabisch *u. a.*, 2014). Der Referenzbereich des HbA<sub>1c</sub> liegt für die Durchschnittsbevölkerung bei vier bis sechs Prozent. Der Blutglukosewert, der in nüchternem Zustand gemessen wird, entspricht der Konzentration an Glukose im Blut zum Zeitpunkt der Messung. Der Referenzbereich des nüchternen Plasmaglukosewertes liegt bei unter 100 mg/dl. Bei einem Nüchtern-Plasmaglukosewert zwischen 100 bis 125 mg/dl spricht man von einer abnormen Nüchtern-Glukose (Neumeister *u. a.*, 2015). Ein HbA<sub>1c</sub> größer 6,5 % bzw. ein Nüchtern-Plasmaglukosewert von 126 mg/dl oder mehr (Kabisch *u. a.*, 2014), sind Diagnosekriterien für einen manifesten Diabetes mellitus. Das Vorliegen einer chronischen Hyperglykämie sowie weitere metabolische und hämodynamische Faktoren des diabetischen Milieus, lösen strukturelle und morphologische Gefäßveränderungen aus, die die Entwicklung einer Arteriosklerose und damit das Entstehen von Gefäßkrankheiten wie KHK, pAVK, Schlaganfall, aber auch für Herzinsuffizienz und Vorhofflimmern begünstigen (Doppler *u. a.*, 2014).

Das von den  $\beta$ -Zellen der Langerhans-Inseln des Pankreas produzierte und sezernierte Polypeptidhormon Insulin reguliert zusammen mit seinem natürlichen Antagonisten, dem Hor-

mon Glukagon den Blutglukosespiegel. Insulin wirkt dabei Blutzucker senkend. Seine Sekretion wird angeregt durch eine extrazellulär erhöhte Blutglukosekonzentration (Staiger *u. a.*, 2014). Die Wirkung des Insulins beruht auf seiner Bindung an einen membranständigen Insulinrezeptor. Diese Bindung führt zur Rekrutierung von Insulinrezeptorsubstraten, wodurch eine Reihe von Kinase-Kaskaden (Kaskade an Phosphorylierungsreaktionen) ausgelöst werden, die verantwortlich sind für die Aktivierung der metabolischen Insulineffekte (Löffler und Müller, 2014). Die wohl wichtigste Wirkung von Insulin ist die Stimulation des Glukosestoffwechsels in Leber, Muskel und Fettgewebe. Durch die Translokation des membranständigen Glukoserezeptors Typ 4 in die Plasmamembran stimuliert Insulin die Glukoseaufnahme in Muskel- und Fettgewebe. In Leber und Muskel stimuliert es die Glykogensynthese und hemmt gleichzeitig die Glykogenolyse in der Leber. Insulin hat darüber hinaus zahlreiche weitere metabolische Effekte. So stimuliert es die Lipogenese in der Leber und im Fettgewebe sowie die Aminosäureaufnahme und Proteinbiosynthese in den Muskeln (Staiger *u. a.*, 2014). Bei einem Typ-2-Diabetes und seinen Vorstadien, gilt Insulin zusammen mit der Blutglukosekonzentration als Marker der Insulinresistenz (Neumeister *u. a.*, 2015), also einer abnehmenden Sensitivität der Insulinrezeptoren auf Insulin. Kurzfristig führt diese zu einer gesteigerten Insulinsekretion (regulatorische Hyperinsulinämie) durch die  $\beta$ -Zellen (Hien *u. a.*, 2013). Langfristig jedoch kann die Hyperinsulinämie nicht mehr aufrecht erhalten werden und die Blutglukosekonzentration steigt ohne Behandlung kontinuierlich an (Hien *u. a.*, 2013; Ammon *u. a.*, 2014). Für Insulin gilt ein Referenzbereich von drei bis 17 mU/l (Neumeister *u. a.*, 2015).

### 3.2.2 Blutdruck

Die Funktion des systolischen und diastolischen Blutdruckwertes als Biomarker für kardiovaskuläre Erkrankungen wurde bereits in anderen Publikationen beschrieben (Population Reference Bureau, 2008; Derosa und Maffioli, 2016). Als Risikofaktor gilt in diesem Zusammenhang die sogenannte arterielle Hypertonie, die gekennzeichnet ist von einem erhöhten Druck im arteriellen Gefäßsystem. Pathophysiologisch resultiert diese Form der Hypertonie entweder von einer Erhöhung des Herzzeitvolumens, einem Anstieg des totalen Gefäßwiderstandes oder einer Kombination beider Faktoren (Gämperli *u. a.*, 2014). Bei einer primären Hypertonie (90 % aller Hypertonien) spielen neben Genetik, Geschlecht und Alter vor allem lebensstilassoziierte Faktoren wie Ernährung, Übergewicht und körperliche Aktivität eine bedeutende ätiologische Rolle (Middeke, 2005; Prinz und Ott, 2012). Folgen erhöhter Blutdruckwerte sind hypertensive Organschäden durch mikro- und makroangiopathische Veränderungen und die Beschleunigung der Entwicklung einer Arteriosklerose. Zahlreiche epidemiologische Studien haben gezeigt, dass das Risiko für kardio- und zerebrovaskuläre Morbidität und Mortalität mit kontinuierlich ansteigendem systolischen und diastolischen

Blutdruck einhergeht (Middeke, 2005). So steht ein erhöhter systolischer und diastolischer Blutdruck in Zusammenhang mit dem Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen wie Schlaganfall, Myokardinfarkt, Herzinsuffizienz und Nierenerkrankungen. Gemäß aktuellen Leitlinien besteht eine arterielle Hypertonie ab einem Blutdruckwert von 140 mmHg systolisch und 90 mmHg diastolisch (Chobanian *u. a.*, 2003; The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC), 2013). Ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen besteht jedoch bereits bei niedrigen Blutdruckwerten. Schon bei Werten ab 115 mmHg systolisch und 75 mmHg diastolisch, steigt das Risiko kontinuierlich an (Lewington *u. a.*, 2002). In Deutschland sind etwa 20 Millionen Erwachsene von einem Bluthochdruck betroffen (Neuhauser, Thamm und Ellert, 2013). Einen hoch-normalen Blutdruck (130-139 mmHg systolisch und/oder 85-89 mmHg diastolisch (The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC), 2013) besitzen in der Altersgruppe von 50 bis 79 Jahren mehr als 20 %. Dies verdeutlicht die Public-Health-Relevanz und das enorme Präventionspotential für Bluthochdruck in Deutschland (Neuhauser, Thamm und Ellert, 2013).

### 3.2.3 Serumlipide

Die Serumlipide Gesamtcholesterin, High-Density-Lipoprotein-Cholesterin (HDL-Cholesterin), Low-Density-Lipoprotein-Cholesterin (LDL-Cholesterin) und die Triglyceride sind sehr häufig verwendete metabolische Parameter zur Abschätzung des kardiovaskulären Risikos (Nazionale *u. a.*, 2001; Population Reference Bureau, 2008; Holten *u. a.*, 2013; Montgomery und Brown, 2013; Upadhyay, 2015; Derosa und Maffioli, 2016). Ein erhöhtes Gesamtcholesterin, LDL-Cholesterin und Triglyceride sowie ein niedriger HDL-Cholesterinwert, stehen in enger Verbindung zu kardiovaskulären Erkrankungen (Derosa und Maffioli, 2016). Vor allem Dyslipidämien sind auf Grund ihrer Rolle bei der Entstehung von Arteriosklerose von klinischer Bedeutung. Es hat sich gezeigt, dass bereits ab dem 50. Lebensjahr bei etwa 80 % der Menschen eine Arteriosklerose in den Herzkranzgefäßen vorliegt, wodurch die Relevanz der Thematik unterstrichen wird. Der Verbesserung der Ernährung als modulierendem Faktor, kommt zur Prävention und Behandlung von Fettstoffwechselstörungen ein großer Stellenwert zu (Zyriax und Windler, 2010).

Als wichtigster Risikofaktor der Arteriosklerose gilt die Hypercholesterinämie als eine Form der Dyslipidämie. Sie ist gekennzeichnet durch einen zu hohen Gesamtcholesterinspiegel oder ein zu hohes LDL-Cholesterin. Cholesterin, das zum einen durch die Nahrung zugeführt wird und zum anderen in Leber und Darm synthetisiert wird, wird zum Transport im Blut an Lipoproteine wie LDL und HDL gebunden, da es nicht wasserlöslich ist (Flammer, Steffel und Lüscher, 2014). LDL transportieren Cholesterin in die Peripherie. Als Hauptträger des Cho-

lesterins, verursacht insbesondere ihre oxidativ modifizierte Form die für die Arteriosklerose charakteristische Plaquebildung und –progression. HDL transportieren Cholesterin von den Geweben und Arterienwänden zurück zur Leber und wirken daher den LDL entgegen, schützen vor Arteriosklerose und reduzieren das kardiovaskuläre Gesamtrisiko (Flammer, Steffel und Lüscher, 2014; Gämperli *u. a.*, 2014; Plonné, 2015). Eine Anhebung des HDL-Cholesterins um ein Prozent geht beispielsweise mit einer Reduktion des Herzinfarkttrisikos von zwei bis drei Prozent einher. Die antiatherogenen Effekte von HDL-Cholesterin hängen wesentlich von funktionellen Eigenschaften der HDL-Subklassen ab, weshalb das einfache Konzept des „guten HDL-Cholesterins“ heute nicht mehr haltbar ist. Obwohl ein niedriges HDL-Cholesterin weiterhin als eigenständiger Risikofaktor anzusehen ist (Zyriax und Windler, 2010).

Triglyzeride sind Ester des Glycerins mit drei Fettsäuren, die v. a. im Fettgewebe gespeichert werden und die wichtigste Energiereserve des Körpers darstellen. Hohe Triglyzeridspiegel sind häufig mit erhöhten kleinen, dichten LDL und niedrigem HDL-Cholesterinspiegel assoziiert (Plonné 2015). Für die Serumlipide gelten für Personen ohne weitere kardiovaskuläre Risikofaktoren folgende Normbereiche: das Gesamtcholesterin sollte unter 200 mg/dl, das HDL-Cholesterin zwischen 40 - 60 mg/dl, das LDL-Cholesterin zwischen 100 - 130 mg/dl und die Triglyzeride unter 150 mg/dl liegen (Plonné, 2015). Zur Behandlung von Fettstoffwechselstörungen gelten in Abhängigkeit vom Vorliegen weiterer Risikofaktoren wie beispielsweise einem Hypertonus, Rauchen oder einem Diabetes mellitus für die einzelnen Serumlipide andere Zielwerte (Zyriax und Windler, 2010; Plonné, 2015).

### **3.3 Biomarker des Nährstoffstatus**

Biomarker des Nährstoffstatus reflektieren nicht nur die Zufuhr eines Nährstoffes durch die Nahrung, sondern auch den damit in Verbindung stehenden Metabolismus und mögliche Einflüsse pathologischer Prozesse (z.B. bei bestimmten Erkrankungen) (Potischman und Freudenheim, 2003). Zur Analyse eines möglichen Zusammenhangs der Ernährungsqualität und dem Nährstoffstatus wurden folgende Biomarker ausgewählt: Ferritin, Folsäure, Vitamin B<sub>12</sub> und Vitamin D.

#### **3.3.1 Ferritin**

Eisen ist das häufigste essenzielle Spurenelement des menschlichen Organismus. Die Regulation der Eisenhomöostase erfolgt über die Kontrolle der Eisenaufnahme im Dünndarm. Die Bioverfügbarkeit von Eisen im Dünndarm ist abhängig von der Eisen-Bindungsform. Bei dem in Lebensmitteln enthaltenen Eisen ist zu unterscheiden zwischen Hämeisen (zweiwertiges Eisen), das ausschließlich in tierischen Lebensmitteln (v.a. in Fleisch- und Fleischpro-

dukten) enthalten ist und Nicht-Hämeisen (dreiwertiges Eisen), das sowohl tierischen als auch pflanzlichen Ursprungs (z.B. in Hülsenfrüchten, Hafer und Weizenkleie) sein kann (Baltes und Matissek, 2011; Stahl und Hesecker, 2012). Die Resorptionsrate von Hämeisen ist mit 20 - 30 % deutlich höher, als die von Nicht-Hämeisen mit ein bis zehn Prozent. Die Nicht-Hämeisen-Verfügbarkeit wird massiv durch andere Nahrungsbestandteile beeinflusst. Resorptionsfördern wirkt vor allem Vitamin C, indem es die Reduktion von dreiwertigem zu zweiwertigem Eisen und zudem die duodenalen Ferrireduktase fördert. Resorptionshemmend hingegen wirken z.B. Phytate aus Getreide sowie Polyphenole aus pflanzlichen Lebensmitteln wie Tee oder Kaffee (Stahl und Hesecker, 2012). Die wichtigste biochemische Funktion von Eisen ist der Transport von Sauerstoff (in Form von Hämoglobin) und seine Speicherung (in Form von Myoglobin) sowie der Elektronentransport in der Atmungskette. Ein Eisenmangel führt zu typischen Symptomen wie Blässe, Müdigkeit, gestörtem Haar- und Nägelwachstum sowie rissiger und trockener Haut (Brigelius-Flohe und Petrides, 2014). In Deutschland ist bei etwa zehn Prozent der Frauen und drei Prozent der Männer der Serum-Ferritin-Spiegel erniedrigt. Basisparameter bei der Diagnostik des Eisenstoffwechsels ist das Serum-Ferritin. Es korreliert gut mit dem im Körper vorhandenen Speichereisen (WHO und CDCP, 2007) und ist deshalb ein Indikator für die Eisenversorgung des Gesamtorganismus. Für Männer liegt der Normwert für das Serum-Ferritin zwischen 20 - 500 ng/ml, bei Frauen mit 15 - 250 ng/ml etwas niedriger (Neumeister *u. a.*, 2015).

### 3.3.2 Folsäure

Folsäure ist der Überbegriff für ein hydrophiles (wasserlösliches) B-Vitamin. Gute Folsäurelieferanten stellen vor allem grünes Blattgemüse wie Spinat sowie Kohlgemüse wie Brokkoli, Rosenkohl und Grünkohl, aber auch einige Obstsorten wie beispielsweise Orangen dar. Da Folsäureverbindungen äußerst Licht- und Hitzeempfindlich sind, sollte eine kurze Lagerung und schonende Zubereitung der Lebensmittel eingehalten werden (Brönstrup, 2007). Folsäure aus der Nahrung wird in Duodenum und Jejunum in Form von Monoglutamat durch Carrier vermittelt und teilweise durch einen passiven Mechanismus resorbiert. Erst unter dem Einfluss des Vitamin B<sub>12</sub>, kann es in seine metabolisch aktive Form (das Coenzym Tetrahydrofolat und dessen Derivate) umgewandelt werden (Moll und Davis, 2017). Tetrahydrofolat ist Empfänger und Überträger von C1-Einheiten wie Methylgruppen und vermittelt dadurch zahlreiche metabolische Prozesse wie die Zellproliferation und die Synthese der Desoxyribonukleinsäure, von Nukleotiden und Aminosäuren (Glei, 2013; Neumeister *u. a.*, 2015; Moll und Davis, 2017). Da Menschen Folsäure nicht selbst synthetisieren können, ist die Zufuhr durch die Nahrung essentiell (Glei, 2013). Ein Folsäuremangel ist in der westlichen Welt ein weit verbreiteter Vitaminmangel (Brigelius-Flohe, 2014b). Dies ist vor allem deshalb bedenklich, da ein niedriger Folsäurestatus in Verbindung gebracht wird mit einem erhöhten Risiko für

Krebs, kardiovaskulären Erkrankungen und kognitiven Fehlfunktionen (Bailey *u. a.*, 2015). Eine inadäquate Folsäureversorgung bei Schwangeren erhöht das Risiko für Früh- und Fehlgeburten sowie ein vermindertes Geburtsgewicht. Zudem kann es bei Embryos zu Fehlbildungen des zentralen Nervensystems (Neuralrohrdefekt) und Wachstumsverzögerungen kommen (Greenberg *u. a.*, 2011).

Wie mit DEGS1 gezeigt werden konnte, sind in Deutschland durchschnittlich etwa zwölf Prozent der Frauen und 16 % der Männer vermutlich nicht ausreichend mit Folsäure versorgt (Robert Koch-Institut, 2016). Für die vorliegende Arbeit gilt ein Folsäurespiegel höher als 4 ng/ml als Normwert für eine ausreichende Folsäurezufuhr (Neumeister *u. a.*, 2015).

### 3.3.3 Vitamin B<sub>12</sub> (Cobalamin)

Das wasserlösliche Vitamin B<sub>12</sub> wird meist in Form tierischer Lebensmittel (z.B. Fleisch, Fisch, Eier, Milch und Milchprodukten) zugeführt. In der Nahrung liegt es proteingebunden vor und wird durch proteolytische Prozesse im Speichel, im Magen und im Duodenum freigesetzt. Absorption und Transport des Vitamins werden durch drei Carrierproteine vermittelt: Haptocorrin, Intrinsic-Faktor und Transcobalamin. Im Magen bindet Vitamin B<sub>12</sub> an das Glykoprotein Haptocorrin, das dann im Duodenum von den Pankreasenzymen verdaut wird. Dadurch kann Vitamin B<sub>12</sub> an den von den Belegzellen der Magenschleimhaut gebildeten Intrinsic-Faktor binden und wird im distalen Ileum resorbiert. Im Plasma liegt es gebunden an Haptocorrin und Transcobalamin vor. Letzteres ist die biologisch verfügbare Form und kann in alle Zellen aufgenommen werden (Brigelius-Flohe, 2014b; Moll und Davis, 2017). Vitamin B<sub>12</sub> hat zwei wichtige metabolische Funktionen: Es ist Cofaktor bei der Umwandlung von Folsäure in seine metabolisch aktive Form. Darüber hinaus ist Cobalamin Coenzym bei der Umwandlung von L-Methylmanoyl Coenzym A zu Succinyl Coenzym A in den Mitochondrien (Moll und Davis, 2017). Bei einem Vitamin B<sub>12</sub>-Mangel kommt es auf Grund dessen zu anämischen und neurologischen Symptomen (Stahl und Hesecker, 2007). Zudem kann es zur Anhäufung von Homocystein im Plasma kommen (Moll & Davis 2017).

In Deutschland werden die Zufuhrempfehlung für Vitamin B<sub>12</sub> von den meisten Menschen erreicht bzw. überschritten (Stahl und Hesecker, 2007). Als Normwert gilt für die Cobalamin-Konzentration im Plasma ein Wert von über 250 pg/ml (Neumeister *u. a.*, 2015).

### 3.3.4 25-OH-Cholecalciferol (Vitamin D)

Vitamin D ist eine Gruppe fettlöslicher Vitamine, die den Steroiden angehören. Der wichtigste Vertreter, Vitamin D<sub>3</sub> wird zum größten Teil in der Haut synthetisiert. D Vitamine können aber auch aus Lebensmitteln oder Supplementen in Form von Vitamin D<sub>3</sub> oder Vitamin D<sub>2</sub> zugeführt werden. Gute Nahrungsquellen sind Meeresfische, Milchprodukte und Eier sowie Pilze (in nach den Jahreszeiten schwankenden Konzentrationen). In der Haut entsteht unter

Sonnen- bzw. UVB-Strahlung aus dem Provitamin 7-Dehydro-Cholesterol Vitamin D<sub>3</sub> (Cholecalciferol). Cholecalciferol wird in der Leber zu 25-Hydroxy-Cholecalciferol (25(OH)D<sub>3</sub>) hydroxyliert und gelangt anschließend im Blut gebunden an das Vitamin D-Bindungsprotein zu den Nieren, wo es abermals hydroxyliert wird zu seiner biologisch aktiven Form, dem 1,25-Dihydroxy-Cholecalciferol (1,25(OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>). Das biologisch aktive Vitamin D beeinflusst zahlreiche Funktionen im menschlichen Körper. Es fördert die Erhöhung des Plasmacalciumspiegels und steigert die Calciumrückresorption in den Nieren. Außerdem erhöht es die Knochenresorption durch eine gesteigerte Synthese von Osteoklasten (Brigelius-Flohe, 2014a). Es hat sich gezeigt, dass Vitamin D in diesem Zusammenhang dosisabhängig das Sturzrisiko und Frakturen vorbeugen kann (Bröll, 2013; Bikle, 2014). Ein adäquater Vitamin D Spiegel wirkt zudem vermutlich immunmodulierend und kann Krebserkrankungen vorbeugen, bzw. das Fortschreiten einer Krebserkrankung verlangsamen (Bikle, 2014; Brigelius-Flohe, 2014a). Die Halbwertszeit von 25-OH-Cholecalciferol, der inaktiven Zirkulations- und Speicherform des Vitamin D, liegt bei etwa drei Wochen (Hollis und Wagner, 2013). Aus diesem Grund wird es allgemein hin zur Beurteilung des Vitamin D-Status des Körpers verwendet. In Abhängigkeit von den Jahreszeiten (Stärke und Winkel der Sonnenstrahlung) liegt der Normbereich für 25-OH-Cholecalciferol zwischen 50 bis 150 nmol/l (Neumeister *u. a.*, 2015).

Zur Übersicht findet sich eine tabellarische Darstellung der Normalbereiche aller analysierten Biomarker im Anhang (siehe Anhang B).



## 4 Methodik der Datenanalyse

### 4.1 Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS)

Als Querschnittsstudie angelegt, ist DEGS Bestandteil des Gesundheitsmonitorings des Robert Koch-Instituts. DEGS1, als erste Erhebungswelle von DEGS, wurde im Zeitraum zwischen November 2008 bis Dezember 2011 durchgeführt und bietet bundesweite, repräsentative Befragungs- und Messdaten der in Deutschland lebenden Erwachsenen im Alter von 18 bis 79 Jahren. Es handelt sich bei DEGS1 um einen Untersuchungssurvey mit einem Befragungs- und Untersuchungsteil (Gößwald *u. a.*, 2013). Die gewonnenen Querschnittsdaten dienen der Abbildung der gesundheitlichen Situation der Bevölkerung zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Darüber hinaus konnten Längsschnittdaten generiert werden, da an DEGS1 neben neuen Teilnehmern auch ehemalige Teilnehmer des Bundes-Gesundheitssurveys 1998 (BGS98), einer früheren Gesundheitsstudie des Robert Koch-Instituts, teilnahmen. Der BGS98, der von 1997 bis 1999 durchgeführt wurde, war die erste repräsentative gesamtdeutsche Untersuchung zum Gesundheitszustand der Erwachsenenbevölkerung (Thefeld, Stolzenberg und Bellach, 1999).

Ziel von DEGS ist die Gewinnung von objektiven und repräsentativen Daten der deutschen Bevölkerung. Mit DEGS sollen vor allem vor dem Hintergrund einer prognostizierten Zunahme von nichtübertragbaren Krankheiten und der zunehmenden Bedeutung psychischer Erkrankungen, Daten zum Gesundheitszustand, Gesundheitsverhalten, Krankheiten und ihren Risikofaktoren und dem Versorgungszustand der Bevölkerung erfasst werden. Die erhobenen Daten ermöglichen eine umfassende Gesundheitsberichterstattung zur Lage der Gesundheit der deutschen Bevölkerung und bieten eine Grundlage zur Planung von präventiven Maßnahmen und Interventionen für eine evidenzbasierte Lenkung des Gesundheitswesens und für die Gesundheitspolitik (Kamtsiuris *u. a.*, 2013).

#### 4.1.1 Rekrutierung der Studienteilnehmer und das Stichprobendesign

Die Teilnehmer von DEGS1 setzen sich zusammen aus ehemaligen Teilnehmern des BGS98 und neuen, für DEGS1 rekrutierten Teilnehmern. Durch die erneute Teilnahme von BGS98-Teilnehmern, sollte die Gewinnung von Längsschnittdaten ermöglicht werden. Für sie bestand die Möglichkeit, ausschließlich am Befragungsteil der Studie teilzunehmen (Gößwald *u. a.*, 2013). Damit die Studienteilnehmer von DEGS1 die Grundgesamtheit der deutschen Bevölkerung zwischen 18 bis 79 Jahren abbilden können, wurde eine zweistufig, geschichtete Stichprobe gezogen. Im ersten Schritt wurden die 180 Untersuchungsorte (Sample Points) aus der Gesamtmenge der politischen Gemeinden in Deutschland gezogen. Zwei Drittel der Sample Points waren bereits für den BGS98 gezogen worden, ein Drittel wurde für DEGS1 zusätzlich neu gezogen. Die Ziehung erfolgte stratifiziert nach Bundesland

und Gemeindetyp mit einer Auswahlwahrscheinlichkeit proportional zur Gemeindegröße. Im zweiten Schritt wurden die Probanden innerhalb der Sample Points zufällig ausgewählt, wobei auf die Adressauswahl der Adressdateien der Einwohnermeldeämter zurückgegriffen wurde (Kamtsiuris *u. a.*, 2013)

Die potentiellen Teilnehmer erhielten i.d.R. fünf Wochen vor der Durchführung der Befragungen und den Untersuchungen an den Sample Points eine Einladung zur Studienteilnahme. Dieser war eine Antwortkarte beigelegt. Nach dem Erhalt der Antwortkarte durch Mitarbeiter des RKI, wurde telefonisch ein Termin für die Studienteilnahme am jeweiligen Sample Point vereinbart. Zur Steigerung der Responserate wurden zudem bei den Teilnehmern, von denen auf die Studieneinladung keine Rückmeldung erfolgte, Hausbesuche vorgenommen, um über die Studie zu informieren und zur Teilnahme zu ermutigen. Die Untersuchungen und Befragungen an den Sample Points wurden durch mobile und speziell für ihren Einsatz geschulte Feldteams vorgenommen. Zur Anonymisierung der Daten wurde jedem Studienteilnehmer eine Identifikationsnummer zugewiesen, durch die die dem Teilnehmer zugehörigen Daten anonymisiert identifiziert werden können (Gößwald *u. a.*, 2013). Insgesamt nahmen 8152 Personen an DEGS1 teil. Bei den 4193 Ersteingeladenen Teilnehmern lag die Responserate bei 42 %, bei den 3959 ehemalige Teilnehmern des BGS98 lag sie bei 62 % (Pelz *u. a.*, 2013).

#### **4.1.2 Erhebungsinstrumente**

Für die Datenerhebung kamen bei DEGS1 verschiedene Erhebungsinstrumente zum Einsatz, die es ermöglichen sollten, umfassende Befragungs- und Messdaten von jedem Studienteilnehmer zu erhalten. Nach einer ausführlichen Aufklärung und der Einverständniserklärung der Teilnehmenden, kamen folgende Erhebungsinstrumente zum Einsatz: ein Computergestütztes ärztliches Interview zur Erfassung von Krankheiten, Diagnostik und Inanspruchnahme von Leistungen des Gesundheitssystems, ein Arzneimittelinterview zur Erfassung von zugeführten Medikamenten, anthropometrische Messungen (z.B. Körpergröße und -gewicht, Taillen- und Hüftumfang), Selbstausfüll-Fragebögen zur Erfassung von soziodemographischen Daten (z.B. Alter, Migrationshintergrund, Ausbildung, Einkommen und Familienstand), gesundheitsrelevanten Verhaltensweisen (z.B. Ernährung, körperliche Aktivität und Tabakkonsum) sowie Laboruntersuchungen von Blut- und Urinproben (Gößwald *u. a.*, 2013). Im Folgenden werden diejenigen Erhebungsmethoden näher erläutert, die für die vorliegende Arbeit von besonderer Bedeutung sind.

##### *4.1.2.1 Laboranalysen*

Zur Ergänzung bzw. Vervollständigung der Ergebnisse aus Fragebögen, ärztlichem Interview und körperlichen Messungen, wurden relevante Laborparameter in den Serum- und Urinpro-

ben der Teilnehmer bestimmt. Die Probeentnahmen erfolgten vor Ort an den Sample Points. Der Transport der Proben von den Sample Points zum RKI, erfolgte am Ende der Untersuchungswoche im mit Trockeneis bestückten Coleman 100 QTS Hartplastik-Thermobehälter. Das Epidemiologische Zentrallabor des RKI wurde personell und apparativ so ausgebaut, das bis auf wenige Ausnahmen alle Messgrößen im Haus bestimmt werden konnten. Insgesamt umfasste das Analysenspektrum mehr als 120 Messgrößen (Robert Koch-Institut, 2009a). Eine Übersicht über die analysierten Laborparameter mit jeweilig angewandter Labormethode und verwendetem Gerätetypus findet sich im Anhang (siehe Anhang C).

#### *4.1.2.2 Blutdruckmessung*

Bei allen Teilnehmern von DEGS1 wurde an den Sample Points, im Rahmen der anthropometrischen Untersuchungen, der Blutdruck gemessen. Die Messung wurde gemäß einem Standardprotokoll mit einem automatischen oszillometrischen Blutdruckmessgerät (Datascopie Accutorr Plus) durchgeführt. Das Gerät entspricht den Gütekriterien der internationalen Validierungsprotokolle der Association for the Advancement of Medical Instrumentation und British Hypertension Society. Für die Messung standen Blutdruckmanschetten in allen relevanten Größen zur Wahl. Je nach Oberarmumfang- und Länge wurde die geeignete Manschettengröße ausgewählt. Der Studienteilnehmer saß für die Messung in aufrechter Sitzposition auf einem höhenverstellbaren Stuhl, wobei der rechte Unterarm auf Herzhöhe auf einem Tisch lag. Nach dem Einhalten einer fünf minütigen Ruhepause, wurde der Blutdruck drei Mal im Abstand von jeweils drei Minuten gemessen. Während der Messung wurde nicht gesprochen (Robert Koch-Institut, 2009b).

#### *4.1.2.3 Ernährungserhebung mittels Food Frequency Questionnaire*

Zur Erhebung des Lebensmittelverzehr, kam ein durch das RKI entwickelter Ernährungsfragebogen in Form eines semiquantitativen Häufigkeitsfragebogens (engl. Food Frequency Questionnaire (FFQ)) zum Einsatz. Den FFQ erhielten die Studienteilnehmer mit der schriftlichen Terminbestätigung zur Studienteilnahme. Er wurde von den Teilnehmenden zu Hause ausgefüllt und zum Untersuchungstermin mitgebracht, wo er durch die Mitarbeiter auf Vollständigkeit geprüft wurde (Gößwald *u. a.*, 2013). Der FFQ, als eine direkte, retrospektive Methode der Ernährungserhebung, ermöglicht die direkte Befragung von Personen nach ihrer Verzehrhäufigkeit und den Verzehrmenen auf individueller Ebene (Widhalm und Miklautsch, 2009; Strassburg, 2010). Der FFQ für DEGS, ist eine weiterentwickelte Version des Ernährungsfragebogens, der in der Basiserhebung der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) eingesetzt wurde. Der FFQ-KiGGS wurde nach kognitiven Kriterien des National Cancer Institute Food-Frequency-Questionnaires gestaltet, der in den vereinigten Staaten Anwendung findet. Die Auswahl der Lebensmit-

tel(gruppen) des FFQ, basierte auf den Ergebnissen vorheriger Studien wie dem BGS98 und der Nationale Verzehrsstudie II. Unter Einbeziehung von Ernährungs- und Gesundheitsexperten wurde der FFQ abschließend dahingehend überprüft, ob er die gesamtdeutsche Ernährung verhältnismäßig vollständig abbilden kann und alle relevanten üblicherweise verzehrten Lebensmittel abgedeckt werden. Ein Pretest bewies die Anwendungstauglichkeit des FFQ (Haftenberger *u. a.*, 2010).

Mittels FFQ können auf Grund seines semi-quantitativen Charakters die Verzehrmenen nur annäherungsweise erfasst werden. Eine Quantifizierung der mittels FFQ gewonnenen Daten besitzt demnach nur begrenzte Aussagekraft und es ist wichtig, das Erhebungsinstrument zu validieren. Um zu prüfen, in wie fern der FFQ die tatsächliche Lebensmittelfuhr der Studienteilnehmer erfassen kann, fand parallel zur Studiendurchführung eine Untersuchung zur Validität des FFQ statt. Die abhängige Validierung erfolgte durch einen Vergleich der Ergebniswerte des FFQ mit den Ergebnissen einer weiteren Erhebungsmethode (Referenzmethode), dem 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll (Strassburg, 2010). Für die Validierung in Kooperation mit dem Max Rubner-Institut (MRI), wurde eine kleine Stichprobe von Teilnehmern des Nationalen Ernährungsmonitorings, einem deutschlandweiten Survey, ausgewählt. Die 209 Studienteilnehmer im Alter von 18 bis 79 Jahren, wurden pro Person zweimal telefonisch mit Hilfe der Ernährungssoftware EPIC-Soft von geschulten Interviewern bezüglich ihrer Ernährung in den letzten 24 Stunden befragt. Dieselben Teilnehmer wurden gebeten, den ihnen per Post zugesandten DEGS-FFQ auszufüllen und zurückzuschicken. Der DEGS-FFQ zeigte insgesamt eine zufriedenstellende Validität für die Erhebung des Lebensmittelverzehr deutscher Erwachsener. Die Korrelationen der geschätzten Lebensmittelfuhr zwischen den beiden Methoden waren für die meisten Lebensmittel(gruppen) moderat bis hoch. Der Spearman'sche Korrelationskoeffizient nahm je nach Lebensmittel(gruppe) Werte zwischen 0,15 und 0,80 an, wobei die meisten Korrelationen über 0,30 lagen. Für einige Lebensmittel(gruppen) zeigten sich erhebliche Unterschiede der absoluten Zufuhrmenge zwischen dem FFQ und dem 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll. Dennoch bestand keine Evidenz darüber, dass der FFQ im Vergleich zum 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll die Lebensmittelfuhr systematisch über- oder unterschätzt (Haftenberger *u. a.*, 2010).

Der DEGS-FFQ, befragt die Teilnehmer zu ihrem Verzehr der Lebensmittel(gruppen) innerhalb der letzten vier Wochen (28 Tage). Als semiquantitativer FFQ beinhaltet der Ernährungsfragebogen sowohl Fragen zur Verzehrhäufigkeit, als auch zur Portionsmenge von insgesamt 53 verschiedenen Lebensmittel(gruppen). Vier weitere Fragen (Frage 54 bis 57) befragen die Teilnehmer zur Art des verwendeten Fettes für die Zubereitung von Fleisch oder Fisch und Gemüse, einer vegetarischen Ernährungsweise und der Häufigkeit der Zuberei-

tung einer warmen Mahlzeit aus frischen Lebensmitteln. Für jedes Lebensmittel(gruppe) gibt es also eine Frage zur Verzehrhäufigkeit und zur Portionsmenge. Für einige Lebensmittel(gruppen) wird durch eine zusätzliche Frage die genaue Verzehrart (z.B. der Grad der Verdünnung oder Zuckerzusatz bei Getränken u. ä.) erfasst (siehe Abbildung 2).

Die Verzehrhäufigkeit wird an Hand von elf Häufigkeitskategorien erfragt. Die Häufigkeitskategorien zur Antwort sind: „nie“, „1 Mal im Monat“, „2-3 Mal im Monat“, „1-2 Mal pro Woche“, „3-4 Mal pro Woche“, „5-6 Mal pro Woche“, „1 Mal am Tag“, „2 Mal am Tag“, „3 Mal am Tag“, „4-5 Mal am Tag“ und „öfter als 5 Mal am Tag“. Für die Umsetzung der Verzehrhäufigkeiten in auswertbare Daten, wurden diese in Gelegenheiten pro vier Wochen (28 Tage) umgerechnet. So entsprach beispielsweise die Verzehrhäufigkeit „1 Mal im Monat“ einer Gelegenheit von Eins innerhalb von 28 Tagen (siehe Tabelle 1). Zur Erleichterung der Einschätzung der Portionsmenge wurden im Fragebogen für 33 Lebensmittel(gruppen) Abbildungen einer Standardportionsgröße dargestellt. Eine Portion eines Lebensmittels oder einer Lebensmittelgruppe entsprach einem bestimmten Standard mit einer im Vorhinein festgelegten Menge in Gramm (siehe Anhang D). Die Angabe der Portionsmenge ist den entsprechenden Haushaltsmaßen des jeweiligen Lebensmittels/Lebensmittelgruppe angepasst. So erfolgt die Befragung zur Portionsmenge von Getränken beispielsweise je nach Art des Getränkes in Form der Anzahl von Gläsern, Tassen oder Flaschen. Die fünf jeweils zur Verfügung stehenden Antwortmöglichkeiten variieren in Abhängigkeit von der Lebensmittel(gruppe) zwischen: einer viertel Portion, einer halben Portion, einer, zwei, drei, vier oder fünf Portionen, wobei die untere Antwortkategorie meist den Zusatz „oder weniger“, die obere Antwortkategorie den Zusatz „oder mehr“ beinhaltet. Zur Berechnung der durchschnittlichen Verzehrmenge einer Lebensmittel(gruppe) pro Tag (= mittleren Tagesmenge in Gramm), wurde die durch den FFQ ermittelte Verzehrhäufigkeit mit der entsprechenden Portionsmenge multipliziert und durch 28 Tage dividiert:

$$\text{durchschnittliche Verzehrmenge} = \frac{\text{Verzehrhäufigkeit} * \text{Portionsmenge in g}}{28 \text{ Tage}}$$

Die auf diese Weise erfassten Verzehrmenen stellen immer nur einen Schätzwert dar, der die tatsächliche Verzehrmenge auf Grund der Erhebungsmethode nur grob wiedergeben kann.

**4** Wie oft haben Sie **Fruchtsaft** (z. B. Orangen-, Apfel-, Kirschsafte) getrunken? Gemeint ist auch verdünnter Fruchtsaft.

1  Nie → Bitte weiter mit Frage 5

2  1 Mal im Monat      7  1 Mal am Tag

3  2–3 Mal im Monat    8  2 Mal am Tag


4  1–2 Mal pro Woche    9  3 Mal am Tag

5  3–4 Mal pro Woche    10  4–5 Mal am Tag

6  5–6 Mal pro Woche    11  Öfter als 5 Mal am Tag

**4a** Wenn Sie **Fruchtsaft** trinken, wie viel trinken Sie davon meistens?



1  ½ Glas (oder weniger)

2  1 Glas (200 ml)

3  2 Gläser

4  3 Gläser

5  4 Gläser (oder mehr)

**4b** Wie trinken Sie ihren **Fruchtsaft** meistens?

1  Unverdünnt

2  Etwa ¼ Saft und ¾ Wasser

3  Etwa ½ Saft und ½ Wasser

4  Etwa ¾ Saft und ¼ Wasser

**Abbildung 2: Beispielfrage des FFQ zur Erfassung des Saftverzehr**

Die Hauptfrage (4) erfragt die Verzehrshäufigkeit, die erste Unterfrage (4a) fragt nach der Portionmenge und die zweite Unterfrage (4b) bezieht sich auf die Verzehrart (die Verdünnung).

**Tabelle 1: Antwortkategorien der Verzehrshäufigkeiten und ihre Umrechnung in Gelegenheiten pro 28 Tage\***

Antwortkategorien	Häufigkeiten	Gelegenheiten pro 28 Tage
Kategorie 1	nie	0
Kategorie 2	1 Mal im Monat	1
Kategorie 3	2-3 Mal im Monat	2,5
Kategorie 4	1-2 Mal pro Woche	6
Kategorie 5	3-4 Mal pro Woche	14
Kategorie 6	5-6 Mal pro Woche	22
Kategorie 7	1 Mal am Tag	28
Kategorie 8	2 Mal am Tag	56
Kategorie 9	3 Mal am Tag	84
Kategorie 10	4-5 Mal am Tag	126
Kategorie 11	öfter als 5 Mal am Tag	168

\* in Anlehnung an Haftenberger et al.

### 4.1.3 Entwicklung des Ernährungsindex für DEGS1

#### 4.1.3.1 Der HuSKY-Index

Der für DEGS1 entwickelte Healthy Eating Index (HEI-DEGS1), ist eine modifizierte Variante des Healthy Nutrition Score for Kids and Youth (HuSKY). Der HuSKY-Index wurde für die KiGGS-Studie entwickelt (Kleiser *u. a.*, 2009), die wie DEGS1 Bestandteil des Gesundheitsmonitorings am RKI ist. An der KiGGS-Basiserhebung von Mai 2003 bis Mai 2006 nahmen insgesamt 17 541 Kinder und Jugendliche von null bis 17 Jahren teil (Hölling *u. a.*, 2012). Zur Erfassung des Ernährungsverhaltens wurde in der KiGGS-Studie ein semiquantitativer FFQ eingesetzt, der später dem FFQ-DEGS als Basis diente.

#### 4.1.3.2 Die Komponenten des HEI-DEGS1

Zur Bildung des HEI-DEGS1 wurden die Lebensmittelangaben aus dem FFQ so gut es geht, den entsprechenden Gruppen des DGE-Ernährungskreises zugeteilt. Die DGE gibt für einige Lebensmittelgruppen des Ernährungskreises Orientierungswerte für einzelne Bestandteile (Lebensmittel) der jeweiligen Gruppe an (siehe Anhang A). Für den HEI-DEGS1 wurden für diese Bestandteile einzelne Lebensmittelgruppen gebildet. Zusätzlich wurden vier weitere Gruppen für die Lebensmittel Nüsse, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltige Getränke sowie Alkohol erstellt. Insgesamt bewertet der HEI-DEGS1 15 Lebensmittelgruppen: Getränke, Gemüse, Obst, Fisch, Getreide, Beilagen (Kartoffeln, Nudeln, Reis), Nüsse, Milch und Milchprodukte, Käse, Eier, Fleisch und Wurst, Fett, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltige Getränke sowie Alkohol. Die für die jeweiligen Lebensmittelgruppen beschriebenen Orientierungswerte der DGE, wurden als empfohlene Verzehrmenen für die einzelnen Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 adaptiert. Im Folgenden wird deshalb für die Orientierungswerte des DGE-Ernährungskreises der Begriff „empfohlene Verzehrmenen“ verwendet. Eine Übersicht über die 15 Lebensmittelgruppen mit den einzelnen Gruppenbestandteilen gemäß den im FFQ abgefragten Lebensmitteln sowie der jeweiligen empfohlenen bzw. geduldeten Verzehrmenge zeigt Tabelle 2.

Die Gruppe 1 für Getränke beinhaltet neben Wasser (Leitungswasser, Mineralwasser, aromatisiertes Wasser) auch Kaffee, Tee (Früchte-, Kräutertee, schwarzer und grüner Tee), Obst- und Gemüsesaft sowie zuckerhaltige und kalorienreduzierte Erfrischungsgetränke. Milch und Alkoholika wurden nicht in die Gruppe Getränke miteinberechnet. Entsprechend dem DGE-Ernährungskreis, liegt die empfohlene Verzehrmenge für Getränke bei mindestens 1500 g pro Tag. Zur Gruppe 2 für Gemüse gehören sowohl rohes, als auch gegartes Gemüse und Hülsenfrüchte. Die empfohlene Verzehrmenge beträgt mindestens 400 g pro Tag. Gruppe 3 für Obst beinhaltet frisches und gegartes Obst. Gemäß DGE darf eine Portion Gemüse bzw. Obst durch den Verzehr einer Portion Gemüsesaft bzw. Obstsaft ersetzt wer-

den (DGE, 2015c, 2015e). Deshalb wurde den Lebensmittelgruppen Gemüse und Obst jeweils eine Portion Gemüse- bzw. Obstsaft hinzugerechnet, wenn diese verzehrt wurden. Es wurde dabei festgelegt, dass eine Portion Gemüse- bzw. Obstsaft 125 g entspricht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die von der DGE empfohlenen 250 g Obst pro Tag zwei Portionen Obst entsprechen. Als ein gemeinsamer Standard wurde die Portionsgröße von 125 g auch für die Lebensmittelgruppe Gemüse übernommen.

**Tabelle 2: Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 mit den einzelnen Gruppenbestandteilen und der jeweiligen empfohlenen bzw. geduldeten Verzehrmenge**

Gruppen	Lebensmittel	Einzelne Gruppenbestandteile	Empfohlene Verzehrmen gen
1	Getränke	Wasser, Kaffee, Tee, Obst- und Gemüsesaft, zuckerhaltige Erfrischungsgetränke und kalorienreduzierte Erfrischungsgetränke	≥1500 g/Tag
2	Gemüse	Rohes und gegartes Gemüse, Hülsenfrüchte und max. 1e Portion Gemüsesaft (125 g)	≥400 g/Tag
3	Obst	Frisches und gegartes Obst und max. 1e Portion Obstsaft (125 g)	≥250 g/Tag
4	Getreide	Cornflakes, Müsli, Vollkornbrot, Grau-, und Mischbrot, Weißbrot und Brötchen	200 - 360 g/Tag
5	Beilagen	Kartoffeln, Nudeln und Reis	150 - 250 g/Tag
6	Nüsse	Nüsse	≤ 25 g/Tag
7	Milch und Milchprodukte	Milch, Frischkäse, Quark, Joghurt und Dickmilch	200 - 250 g/Tag
8	Käse	Weich-, Schnitt- und Hartkäse	50 - 60 g/Tag
9	Eier	Eier	3 Stück bzw. 180 g/Woche
10	Fisch	kalter und warm zubereiteter Fisch	150 - 220 g/Woche
11	Fleisch und Wurst	Geflügel, Fleisch aus Döner, Bratwurst, Currywurst, Fleisch, Wurst und Schinken	300 - 600 g/Woche
12	Fett	Margarine und Butter	15 - 30 g/Tag
			<b>Geduldete Verzehrmen gen</b>
13	Süßigkeiten und Snacks	Kuchen, Torten, süße Backwaren, Kekse, Schokolade, Süßigkeiten, Eis, Chips, Salzgebäck, Cracker, Honig, Marmelade und Nuss-Nougatcreme	49 g/Tag
14	Zuckerhaltige Erfrischungsgetränke	zuckerhaltige Erfrischungsgetränke und Obstsaft	192 g/Tag
15	Alkohol	(alkoholfreies) Bier, Wein, Sekt, Obstwein, Hochprozentiges, Cocktails und Mischgetränke	Männer: 20 g/Tag Frauen: 10 g/Tag

Zur Gruppe 4 für Getreide zählen Cerealien wie Cornflakes, Choco Pops, Nougat Bits, Müsli und Brot (Vollkornbrot, Grau-, und Mischbrot, Weißbrot und Brötchen). Die empfohlene Verzehrmenge der DGE liegt bei 200 bis 300 g pro Tag für Brot bzw. bei 150 bis 250 g pro Tag für Brot, wenn zudem 50 bis 60 g Getreideflocken verzehrt werden. Die empfohlene Verzehrmenge beträgt zusammenfassend 200 bis 360 g pro Tag. Die Gruppe 5 für Beilagen beinhaltet die Lebensmittel Kartoffeln, Nudeln und Reis. Der DGE-Ernährungskreis legt für Kartoffeln und Nudeln eine empfohlene Verzehrmenge von 200 bis 250 g pro Tag und für



Reis von 150 bis 180 g pro Tag fest. Der zusammenfassende Empfehlungswert für den HEI-DEGS1 liegt bei 150 bis 250 g pro Tag. Die Lebensmittelgruppe Nüsse wurde als Gruppe 6 in den Index aufgenommen, da Nüsse ein fester Bestandteil einer vollwertigen Ernährung sein sollten. So gibt die DGE an, dass Nüsse nicht nur zahlreiche wertvolle Fettsäuren, Vitamine und Mineralstoffe enthalten, sondern darüber hinaus einen positiven Einfluss auf die Blutfettwerte haben und das Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten verringern können. Da Nüsse botanisch gesehen zum Obst gehören, kann laut DGE eine Portion Obst durch eine Portion (25 g) Nüsse ersetzt werden (DGE, 2015e). Für den HEI-DEGS1 wurde davon abgesehen, den Verzehr von Nüssen in die Lebensmittelgruppe Obst miteinzubeziehen. Stattdessen wurde auf Grund des bedeutsamen gesundheitlichen Potentials eine gesonderte Lebensmittelgruppe für Nüsse erstellt. Die empfohlene Verzehrmenge beträgt 25 g pro Tag. Gruppe 7 fasst Milch, Frischkäse sowie Quark, Joghurt und Dickmilch zusammen. Die empfohlene Verzehrmenge liegt für diese Gruppe bei 200 bis 250 g pro Tag. Gruppe 8 für Käse bezieht sich auf Weich-, Schnitt- und Hartkäse. Die empfohlene Verzehrmenge liegt hierfür bei 50 bis 60 g pro Tag. Bei Gruppe 9 für Eier, entspricht die empfohlene Verzehrmenge maximal drei Eiern bzw. 180 g pro Woche. Unter der Gruppe 10 für Fisch wurde kalter und warm zubereiteter Fisch zusammengefasst. Die empfohlenen Verzehrmenen der DGE unterteilen sich in 80 bis 150 g pro Woche für fettarmen und 70 g pro Woche für fettreichen Seefisch. Da bei der mittels FFQ erfassten Verzehrmenge nicht zwischen den beiden Fischarten unterschieden wurde, wurde ein Gesamtverzehrwert von 150 bis 220 g pro Woche festgelegt. Gruppe 11 für Fleisch und Wurst beinhaltet die Lebensmittel Geflügel, Fleischanteile von Hamburger und Döner, Bratwurst und Currywurst, Fleisch wie Schweinefleisch oder Rindfleisch, Wurst und Schinken. Die empfohlene Verzehrmenge entspricht bei dieser Gruppe 300 bis 600 g pro Woche. Da der FFQ-DEGS lediglich der Verzehr von festen Fetten (Butter und Margarine) mengenmäßig erfasst, wurde für Gruppe 12 für Fett eine empfohlene Verzehrmenge von 15 bis 30 g pro Tag übernommen.

Obwohl der DGE-Ernährungskreis Süßigkeiten, Snacks und zuckerhaltige Getränke nicht berücksichtigt, wurden diese Lebensmittel unter Gruppe 13 für Süßigkeiten und Snacks sowie Gruppe 14 für zuckerhaltige Getränke als Komponenten des HEI-DEGS1 aufgenommen, um den Einfluss vom Verzehr dieser Lebensmittel auf die Gesundheit berücksichtigen zu können. Zur Gruppe 13 zählen die Lebensmittel Kuchen, Torten, süße Backwaren, Kekse, Schokolade, Süßigkeiten, Eis, Chips, Salzgebäck, Cracker, Honig, Marmelade und Nuss-Nougatcreme. Gruppe 14 beinhaltet zuckerhaltige Erfrischungsgetränke und Obstsaft. Als Bezugswert für eine tägliche maximal geduldete Zufuhrmenge an Süßigkeiten, Snacks und zuckerhaltigen Getränken, dient mangels einer empfohlenen Verzehrmenge der DGE die Aid-Ernährungspyramide (Aid, 2012). Sie beschreibt für Erwachsene eine tägliche geduldete

Zufuhrmenge für Süßes und Knabberien von 220 kcal für Frauen und 270 kcal für Männer. Die Kalorienangaben basieren darauf, dass diese Lebensmittel maximal zehn Prozent der täglichen Gesamtkalorienzufuhr ausmachen sollten.

Für beide Geschlechter wurde eine einheitliche Zufuhrmenge von 245 kcal (= 220 kcal + 270 kcal/2) gewählt. Im HEI-DEGS1 wurden Süßigkeiten und Snacks in feste und flüssige Süßigkeiten unterteilt. Um die genaue Kalorienzufuhr der von den Teilnehmern in DEGS1 verzehrten Menge an Snacks und Süßigkeiten zu berücksichtigen, wurde der durchschnittliche Kaloriengehalt je Gramm berechnet. Dieser beträgt 3,23 kcal für Süßigkeiten und Snacks und 0,45 kcal für zuckerhaltige Erfrischungsgetränke. Der durchschnittliche Kaloriengehalt pro Gramm wurde dann mit dem Mittelwert der Gesamtverzehrmenge je Lebensmittelgruppe multipliziert. Der Mittelwert der Gesamtverzehrmenge für Süßigkeiten und Snacks beträgt insgesamt 82,1 g und beinhaltet demnach ca. 265 kcal (3,23 kcal/g \* 82,1 g). Für zuckerhaltige Erfrischungsgetränke beträgt der Mittelwert der Gesamtverzehrmenge 319,4 g und beinhaltet damit ca. 144 kcal (0,45 kcal/g \* 319,4 g). Insgesamt setzt sich die durchschnittliche Kalorienzufuhr von insgesamt 409 kcal aus 265 kcal für feste Süßigkeiten und Snacks und 144 kcal für zuckerhaltige Erfrischungsgetränke. Dies bedeutet, dass 64,8 % der Kalorien in Form von festen Süßigkeiten und Snacks und 35,2 % der Kalorien durch zuckerhaltige Erfrischungsgetränke zugeführt wurden. Unter Berücksichtigung der geduldeten Verzehrmenge von 245 kcal nach Aid-Ernährungspyramide, entspricht dies einer Kalorienmenge von 159 kcal für Süßigkeiten und Snacks bzw. 86 kcal für zuckerhaltige Getränke. Beispielrechnung für Süßigkeiten und Snacks:

$$\frac{245 \text{ kcal}}{100 \%} * 64,8 \% = \text{ca. } 159 \text{ kcal}$$

Dies entspricht bei einem durchschnittlichen Kaloriengehalt von 318 kcal pro 100 g Süßigkeiten und Snacks bzw. von 45 kcal pro 100 g zuckerhaltiger Erfrischungsgetränke einer täglichen geduldeten Verzehrmenge von 49 g pro Tag für Süßigkeiten und Snacks und 192 g pro Tag für zuckerhaltige Erfrischungsgetränke. Beispielrechnung für Süßigkeiten und Snacks:

$$\frac{100 \text{ g}}{318 \text{ kcal}} * 159 \text{ kcal} = \text{ca. } 49 \text{ g}$$

Die ausführlichen Berechnungen der mittleren Verzehrmenen und der durchschnittlichen Kaloriengehalte für die Lebensmittelgruppen Süßigkeiten und Snacks sowie zuckerhaltige Getränke, befinden sich im Anhang (siehe Anhang E und F).

Eine weitere Komponente des HEI-DEGS1, die nicht im DGE-Ernährungskreis beschrieben wird, stellt die letzte Gruppe 15 für Alkohol dar. Wie die Gruppen 13 und 14, wurde sie für eine ganzheitliche Bewertung der Ernährungsqualität in den HEI-DEGS1 aufgenommen. Die Gruppe umfasst folgende alkoholische Getränke: (alkoholfreies) Bier, Wein, Hochprozentiges

sowie Cocktails und Mischgetränke. Die DGE definiert eine tägliche maximal tolerierbare Alkoholmenge von 20 g pro Tag für gesunde Männer und 10 g pro Tag für gesunde Frauen (DGE, 2015d). Diese Werte wurden für die Gruppe 15 als geduldete Verzehrsmengen übernommen. Auf Basis von Angaben des Bundeslebensmittelschlüssels sowie basierend auf Ergebnissen einer Begehung, wurde ein Standardwert für den durchschnittlichen Alkoholgehalt je Getränkeart pro Liter definiert. Zusammen mit den Verzehrsmengen konnte anhand dieser Angaben die Gesamtmenge an Alkohol in Gramm pro Tag abgeschätzt werden. Die der Berechnung zu Grunde liegende Formel lautete (RKI, 2016):

$$\text{Alkohol pro Getränkeart } \left( \frac{\text{g}}{\text{Tag}} \right) = \frac{\text{Verzehrhäufigkeit in 4 Wochen} * \text{Verzehrsmenge (l)} * \text{Alkoholgehalt } \left( \frac{\text{g}}{\text{l}} \right)}{28}$$

#### 4.1.3.3 Bewertungsprinzip des HEI-DEGS1

Das Bewertungsprinzip des HEI-DEGS1 beruht auf dem Vorgehen beim HuSKY-Index, den Ausführungen der DGE zum DGE-Ernährungskreis, den DGE-Leitlinien, Stellungnahmen und Fachinformationen der DGE sowie weiteren wissenschaftlichen Studien. Für eine Quantifizierung der Ernährungsqualität durch den HEI-DEGS1 wurde für jede Lebensmittelgruppe das Verhältnis der erfassten Verzehrmenge zur Empfehlung gebildet:

$$\left( \frac{V}{E} \right) x = \frac{\text{Verzehrmenge (V) der Lebensmittelgruppe } x}{\text{Empfehlung (E) der Lebensmittelgruppe } x}$$

In Abhängigkeit vom Grad der Übereinstimmung der Verzehrmenge mit der jeweiligen Empfehlung, konnten für jede Lebensmittelgruppe maximal 100 Punkte vergeben werden. Die Punkte der 15 Lebensmittelgruppen wurden addiert und durch die Anzahl der Lebensmittelgruppen (n = 15) dividiert. Der HEI-DEGS1 kann demnach Werte auf einer Skala von null bis 100 Punkten annehmen. Ein höherer Punktwert entspricht dabei einer besseren Ernährungsqualität. Eine Übersicht zur Punktvergabe für die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 findet sich in Tabelle 3.

Es wurden fünf Arten der Punktvergabe angewandt:

- I. das Adequacy-Prinzip:  $\left( \begin{array}{l} V/E \leq 1 = \text{Punkte } \uparrow \\ V/E > 1 = 100 \text{ Punkte} \end{array} \right)$
- II. das Adequacy- und Moderation-Prinzip 1:  $\left( \begin{array}{l} V/E \leq 1 = \text{Punkte } \uparrow \\ V/E > 1 \leq 2 = 100 \text{ Punkte} \\ V/E > 2 = \text{Punkte } \downarrow \end{array} \right)$
- III. das Adequacy- und Moderation-Prinzip 2:  $\left( \begin{array}{l} V/E \leq 1 = \text{Punkte } \uparrow \\ V/E > 1 = \text{Punkte } \downarrow \end{array} \right)$
- IV. das Adequacy- und Moderation-Prinzip 3:  $\left( \begin{array}{l} V/E \leq 1 = 100 \text{ Punkte} \\ V/E > 1 = \text{Punkte } \downarrow \end{array} \right)$
- V. das Moderation-Prinzip:  $\left( \begin{array}{l} V/E = 0 = 100 \text{ Punkte} \\ V/E > 0 \leq 1 = \text{Punkte } \downarrow \end{array} \right)$

Für die meisten Lebensmittelgruppen (Getränke, Gemüse, Getreide, Beilagen, Nüsse, Milch und Milchprodukte, Käse, Eier und Fisch) wurde zumindest teilweise das **Adequacy-Prinzip** angewandt. Dies bedeutet, dass die Anzahl der vergebenen Punkte für eine Lebensmittelgruppe proportional zum Prozentanteil der gesetzten Grenze mit zunehmender Verzehrmenge ansteigen. Proportional konnten auf diese Weise bis zu 100 Punkte vergeben werden. Bei einer Verzehrmenge von 200 g Gemüse pro Tag beispielsweise, wurden demnach 50 Punkte vergeben, da die Empfehlung von 400 g pro Tag nur zu 50 % erreicht wurde. Bei den Lebensmittelgruppen Getränke, Gemüse und Obst, bei denen ausschließlich das Adequacy-Prinzip angewandt wurde, wurden je Lebensmittelgruppe 100 Punkte vergeben, wenn die Empfehlungen erreicht oder übertroffen wurden. Diese Art der Bewertung für die Gruppen 1 bis 3, wurde aus folgenden Gründen gewählt: Getränke stehen im Zentrum des Ernährungskreises, da sie unverzichtbar für die Aufrechterhaltung lebensnotwendiger Prozesse im menschlichen Körper sind (Köhnke, 2011) und einen großen Einfluss auf Gesundheit, Fitness und Leistungsfähigkeit besitzen (DGE, 2015d). Eine Stellungnahme der DGE zum Zusammenhang zwischen Gemüse- und Obstverzehr und der Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten wie Adipositas, Hypertonie und KHK ergab, dass eine Erhöhung des Obst- und Gemüseverzehr das Risiko für zahlreiche Krankheiten mit überzeugender Evidenz

senken kann (Boeing, Bechthold, Bub, Ellinger, Haller, Kroke, Leschik-bonnet, *u. a.*, 2012). Zudem haben diese Lebensmittelgruppen eine geringe Energiedichte und können deshalb auch in größeren Mengen verzehrt werden ohne, dass die Gesamtenergiezufuhr unverhältnismäßig ansteigt.

Die Bepunktung nach dem **Adequacy- und Moderation-Prinzip 1** wurde angewandt bei den Lebensmittelgruppen Getreide und Beilagen. Die maximale Punktzahl von 100 Punkten wurde vergeben, wenn der Verzehr den Empfehlungen oder maximal der doppelten empfohlenen Menge entsprach. Bei einem Verzehr über die doppelte Empfehlungsmenge hinaus, fand eine zunehmende prozentuale Subtraktion der Punkte statt. Erreichte die Verzehrmenge das Dreifache der Empfehlung, wurden keine Punkte mehr vergeben. Gemäß der Leitlinie Kohlenhydrate der DGE (Hauer *u. a.*, 2012), reduziert der Verzehr von Ballaststoffen und Vollkornprodukten das Risiko für zahlreiche ernährungsmitbedingte Krankheiten wie Adipositas, Diabetes Mellitus Typ 2 und kardiovaskuläre Erkrankungen. Die durch den DEGS1-FFQ erfassten Verzehrmenen für diese Lebensmittelgruppen ermöglichen jedoch keine differenzierte Betrachtung von verschiedenen Getreidearten (z.B. nach ihrem Ausmahlungsgrad) und ihrem Ballaststoffgehalt. Aus diesem Grund und wegen ihrer verhältnismäßig hohen Energiedichte wurde diese Art der Bewertung für Getreideprodukte und Kartoffeln festgelegt.

Bei der Bepunktung nach dem **Adequacy- und Moderation-Prinzip 2** für Nüsse, Milch und Milchprodukte, Käse, Eier und Fisch, wurden die Punkte ab einer Überschreitung der empfohlenen Höchstzufuhr prozentual subtrahiert und ab dem Verzehr der doppelten Menge keine Punkte mehr vergeben. Begründet wird diese Form der Punktvergabe folgendermaßen: Für die Gruppe Nüsse wird eine Zufuhr oberhalb der empfohlenen Verzehrmenge in der Bewertung als nachteilig eingestuft, da Nüsse einen sehr hohen Energiegehalt aufweisen und dadurch schnell zu einer positiven Energiebilanz führen können. Epidemiologische Studien weisen darauf hin, dass ein Verzehr von Milch und Milchprodukten gemäß der DGE-Empfehlungen im Vergleich zu keinem oder einem geringen Verzehr mit einem verminderten Risiko für Hypertonie, Diabetes Mellitus Typ 2 sowie Dickdarmkrebs einhergeht (MRI, 2015). Im Hinblick auf Krebserkrankungen ergeben Studien zum Verzehr von Milch und Milchprodukten inhomogene Risikobeziehungen (DGE, 2016; Kongerslev Thorning *u. a.*, 2016; Lu *u. a.*, 2016). Im Hinblick auf den Cholesteringehalt von Eiern empfiehlt die DGE, Eier nur maßvoll zu essen (DGE, 2015b). Die Vorteile des Fischverzehrns sind Bestandteil zahlreicher Publikationen (Mozaffarian und Rimm, 2006; Nesheim und Yaktine, 2007; Undeland *u. a.*, 2009; Dinter *u. a.*, 2016). (See-)Fisch als ein wertvoller Lieferant für mehrfach ungesättigte n-3 Fettsäuren ist aus ernährungsphysiologischer Sicht positiv zu bewerten (DGE, 2016). Denn der regelmäßige Verzehr von Fisch insbesondere von fettreichem Fisch hat einen vorteilhaften Einfluss auf das Lipoproteinprofil im Blut und kann das Risiko für die KHK-Mortalität und

den ischämischen Schlaganfall senken (DGE, 2015f; Dinter *u. a.*, 2016). Vor dem Hintergrund der Problematik der Überfischung, ist gemäß DGE ein Verzehr von bis zu zwei Portionen Fisch pro Woche akzeptabel, vor allem, wenn man hierbei auf eine nachhaltige Herkunft achtet (DGE, 2015b, 2015f).

Die Bewertung der Lebensmittelgruppen Fleisch, Wurst und Fett, erfolgte nach dem **Adequacy- und Moderation-Prinzip 3**. 100 Punkte wurden hierbei vergeben, wenn die Verzehrmenge unterhalb der Empfehlungen lag. Lag die Verzehrmenge oberhalb der Empfehlung, wurden proportional Punkte von 100 subtrahiert und bei Verzehrmenen von mehr als der doppelten Menge, wurden keine Punkte mehr vergeben. Eine Beschränkung des Fleischverzehr gemäß den DGE-Empfehlungen, soll die Zufuhr gesättigter Fettsäuren begrenzen, damit die entsprechenden D-A-CH-Referenzwerte erfüllt werden können. Ein hoher Fleischverzehr kann zudem auf Grund des hohen Fettgehaltes mit einer erhöhten Energiezufuhr und einer hohen Zufuhr an Cholesterin, Purinen und gesättigten Fettsäuren einhergehen, die sich nachteilig auf die Gesundheit auswirken können (DGE, 2015b). Studien belegen, dass ein hoher Konsum von rotem Fleisch das Risiko für Krebserkrankungen, Diabetes Mellitus Typ 2 und für Schlaganfälle erhöht. Für weißes Fleisch besteht nach derzeitigem Wissen keine Evidenz für negative Gesundheitseffekte (DGE, 2016). Verglichen mit anderen Energieträgern, hat Fett mit neun Kalorien pro Gramm die höchste Energiedichte. Bei einem erhöhten Fettanteil an der Gesamtenergiezufuhr, kann das Risiko für Adipositas steigen. Eine Reduktion des Fettanteils an der Gesamtenergiezufuhr hingegen, kann das Gesamt- und LDL-Cholesterin im Plasma senken. Mit überzeugender Evidenz erhöhen gesättigte Fettsäuren das Risiko für eine Dyslipoproteinämie mit einem Anstieg der LDL-Cholesterinkonzentration im Plasma (Wolfram *u. a.*, 2015). Butter und häufig auch Margarine, besitzen einen verhältnismäßig hohen Anteil gesättigter Fettsäuren und sollten gemäß DGE möglichst sparsam verwendet werden (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V., 2015).

Für die Lebensmittelgruppen Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltige Erfrischungsgetränke und Alkohol erfolgte die Bepunktung nach dem **Moderation-Prinzip**. Dieses bedeutet, dass mit einer Zunahme der Verzehrmenge die vergebene Punktzahl sank. 100 Punkte wurden vergeben, wenn die entsprechenden Lebensmittel nicht verzehrt wurden. Entsprechend der Verzehrmenge der geduldeten Menge oder lag sie darunter, wurden prozentual weniger Punkte vergeben. Lag die Verzehrmenge oberhalb der geduldeten Höchstmenge, wurden keine Punkte vergeben. Süßigkeiten, Snacks und zuckerhaltige Getränke zählen nicht zu den empfohlenen Lebensmitteln einer vollwertigen Ernährung, denn sie besitzen bei einer hohen Energiedichte eine geringe Nährstoffdichte. Die DGE spricht kein generelles Verbot für den Verzehr solcher Lebensmittel aus und plädiert bei einer ausgewogenen Energiebilanz für

einen bewussten Genuss in Maßen, wobei andere wertvolle Nahrungsmittel nicht verdrängt werden sollten (DGE, 2015a). Trotz einiger gegenläufiger Studien, die einen moderaten Alkoholkonsum mit einem geringeren Risiko für KHK und die Gesamtmortalität assoziieren (Di Castelnovo *u. a.*, 2006; Ronksley *u. a.*, 2011), betont die DGE die langfristigen schädlichen Wirkungen von Alkohol auf die Gesundheit. Laut DGE fördert Alkoholkonsum die Entstehung bestimmter Krebserkrankungen, Leberschäden, besitzt ein hohes Suchtpotenzial und kann durch seinen hohen Energiegehalt und seine appetitsteigernde Wirkung zur Entstehung von Übergewicht beitragen. Zur Bewertung des Alkoholkonsums wird auf Grund der vielseitig nachteiligen Wirkungen von Alkohol und individuell unterschiedlichen Risiken davon ausgegangen, dass jeglicher Alkoholkonsum zur langfristigen Aufrechterhaltung der Gesundheit zu vermeiden ist.

**Tabelle 3: Punkvergabe für die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1**

Gruppen	Lebensmittel	Punktevergabe
<b>I. Adequacy-Prinzip</b>		
1	Getränke	V/E ≤ 1, proportional zum Prozentanteil bis zu 100 Punkte V/E > 1, 100 Punkte
2	Gemüse	
3	Obst	
<b>II. Adequacy + Moderation Prinzip 1</b>		
4	Getreide	V/E ≤ 1, proportional zum Prozentanteil bis zu 100 Punkte V/E > 1 und ≤ 2, 100 Punkte
5	Beilagen	V/E > 2, proportional zum Prozentanteil Subtraktion der Punkte von 100 V/E > 3, 0 Punkte
<b>III. Adequacy + Moderation Prinzip 2</b>		
6	Nüsse	V/E ≤ 1, proportional zum Prozentanteil bis zu 100 Punkte V/E > 1 ≤ 2, proportional zum Prozentanteil Subtraktion der Punkte von 100 V/E > 2, 0 Punkte
7	Milch und Milchprodukte	
8	Käse	
9	Eier	
10	Fisch	
<b>IV. Adequacy + Moderation Prinzip 3</b>		
11	Fleisch und Wurst	V/E ≤ 1, 100 Punkte V/E > 1 ≤ 2, proportional zum Prozentanteil Subtraktion der Punkte von 100 V/E > 2, 0 Punkte
12	Fett	
<b>V. Moderation-Prinzip</b>		
13	Süßigkeiten und Snacks	V/E = 0, 100 Punkte
14	Zuckerhaltige Getränke	V/E > 0 ≤ 1, proportional zum Prozentanteil Subtraktion der Punkte von 100 V/E > 1, 0 Punkte
15	Alkohol	

V = Verzehrmenge, E = Empfehlung

#### 4.1.3.4 Kriterien zum Ausschluss von Studienteilnehmern von der statistischen Analyse

Insgesamt beteiligten sich 8151 Teilnehmer an DEGS1. Davon nahmen 7115 Teilnehmer im Alter zwischen 18 bis 79 Jahren am Untersuchungssurvey teil. Diese wurden vorab gebeten, den FFQ auszufüllen. Teilnehmer, die den FFQ nicht bzw. nur teilweise ausgefüllt haben, wurden für die vorliegende Arbeit von den Analysen ausgeschlossen (n = 106). So konnten letztlich 7009 Studienteilnehmer eingeschlossen werden. Darüber hinaus wurden auf Grund mangelnder Plausibilität bereits im Vorhinein einige Teilnehmer mit einer Gesamttrinkmenge von mehr als 15 Litern pro Tag oder einer Zufuhr von festen Lebensmitteln von mehr als 10 kg pro Tag ausgeschlossen.

#### 4.1.3.5 Umgang mit fehlenden Werten

Insgesamt beinhaltet der DEGS1-FFQ Fragen zur Verzehrhäufigkeit, Portionsmenge und zudem teilweise zur Verzehrart von 53 verschiedenen Lebensmittel(gruppen). Bei den Getränken, Gemüse- und Fruchtsaft wurde bezüglich der Verzehrart der Grad der Verdünnung erfragt. Da die im FFQ enthaltene Lebensmittelgruppe „Pizza“ sich nicht eindeutig einer bestimmten Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1 zuordnen lässt, wurde sie zur Erstellung des HEI-DEGS1 ausgeschlossen. Die folgenden Angaben zum Umgang mit fehlenden Werten (Missings) beruhen deshalb ausschließlich auf den Fragen zu den verbleibenden 52 Lebensmittel(gruppen) des FFQ. Um zu verhindern, dass für zu viele Personen kein Ernährungsindex gebildet werden kann, wurde für den Umgang mit Missings folgende Entscheidung getroffen:

Fall 1: Fehlt sowohl die Angabe zur Verzehrhäufigkeit, als auch zur dazugehörigen Portionsmenge, wurde das betreffende Lebensmittel als „nie verzehrt“ betrachtet.

Fall 2: Wenn die Angabe zur Verzehrhäufigkeit vorhanden ist, aber die dazugehörige Angabe zur Portionsmenge fehlt, wurde diese durch die durchschnittliche Angabe des jeweiligen Lebensmittels für beide Geschlechter gleichermaßen ersetzt.

Fall 3: Fehlt die Angabe zur Verzehrhäufigkeit, aber die dazugehörige Portion ist angegeben, wird dies als Missing behandelt.

Konnte für Frucht- und Gemüsesaft eine Verzehrmenge berechnet werden, wurde bei einer fehlenden Angabe zur Verzehrart die mittlere Angabe der Verdünnung angegeben. Auf diese Weise wurden der Fruchtsaftverzehr von 26 Personen und der Gemüsesaftverzehr von zehn Personen im Nachhinein geschätzt. Insgesamt sind 1652 Personen von einem oder mehreren Missings (Fall 1 - 3) betroffen, das sind 23,6 % der 7009 Teilnehmer insgesamt. Fehlende Angaben zur Verzehrhäufigkeit und Portionsmenge (Fall 1) kommen 2755 Mal bei insgesamt 1106 Personen vor. Ein oder mehrere Missings gemäß Fall 2 treten 900 Mal bei insgesamt 667 Personen auf. Mit einer Häufigkeit von 302 Mal kann ein einzelner Missingfall oder



mehrere Missings gemäß Fall 3 bei 238 Personen beobachtet werden. Bei der Berechnung der verzehrten Alkoholmenge entfallen durch Summenbildung der in den einzelnen alkoholischen Getränken enthaltenen Alkoholmengen 21 Missings, sodass 281 Einzelmissings ( $302 - 21 = 281$ ) verteilt auf 219 Personen ( $238 - 21 = 219$ ) verbleiben. Da die fehlenden Variablenwerte in Fall 1 und 2 ersetzt werden, verbleiben diese 281 Einzelmissings Fall 3 verteilt auf 219 Personen (Männer:  $n = 95$ , Frauen:  $n = 124$ ). Eine genaue Darstellung über die Verteilung der Einzelmissings auf die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 befindet sich im Anhang (siehe Anhang G). Letztlich kann für insgesamt 219 Personen kein Ernährungsindex gebildet werden. Ausgehend von der Gesamtteilnehmeranzahl von 7009 Personen sind das 3,1 %. Die endgültige Fallzahl beträgt 6790 Personen.

#### 4.1.4 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurde die Statistiksoftware SAS Enterprise Guide in der Version 7.13 HF3 (Copyright © 2016: SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA) verwendet. Um repräsentative Daten für die gesamte deutsche Bevölkerung zu erhalten, wurde die statistische Analyse mit einer GewichtungsvARIABLEN („wDEGS1US“) durchgeführt. Diese gleicht die Stichprobe an den Bevölkerungsstand in Deutschland am 31.12.2010 an. Die GewichtungsvARIABLEN beinhaltet Designgewichte, in die die Auswahlwahrscheinlichkeit der Sample Points und die Auswahlwahrscheinlichkeit der Probanden innerhalb der Sample Points sowie die Aufteilung der Bevölkerung in die Straten West, Ost und Berlin einfließen. Um der unterschiedlichen Teilnahmebereitschaft verschiedener Bevölkerungsgruppen, z.B. nach Geschlecht, Alter, Bildungsstand etc. Rechnung tragen zu können, wurde zudem eine Anpassungsgewichtung vorgenommen. Um berücksichtigen zu können, dass die Probanden innerhalb von Gemeinden (Sample Points) gezogen wurden und sich nicht gleichmäßig über ganz Deutschland verteilt waren, wurden die statistischen Analysen mit einer Variable für die Clusterung der Sample Points durchgeführt (Kamtsiuris *u. a.*, 2013). Es ist davon auszugehen, dass sich Probanden innerhalb einer Gemeinde ähnlicher sind, als Probanden unterschiedlicher Gemeinden. Deshalb erhöht die Berücksichtigung der Clusterung die Varianz der Stichprobe.

Zur Analyse der Ernährungsqualität Erwachsener in Deutschland wurden mit der SAS Prozedur „PROC MEANS“ grundlegende Verteilungsparameter (Minimum, Maximum, Perzentil 25, 50 und 75 sowie Mittelwert und Standardfehler) des HEI-DEGS1 innerhalb der Studienpopulation gebildet. Mit der SAS Prozedur „PROC UNIVARIATE“ wurden zudem Histogramme des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht erstellt. Für eine ordnungsgemäße Analyse der komplexen Surveydaten wurden für die weiteren Schritte SAS-Survey-Prozeduren ausgewählt, die eine Berücksichtigung des Studiendesigns ermöglichen.

Zur Analyse der Determinanten der Ernährungsqualität wurde mittels der SAS Prozedur „PROC SURVEYREG“ für jede Untergruppe der potentiellen Determinanten der mittlere Punktwert des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht berechnet. Da keine linearen Zusammenhänge des HEI-DEGS1 mit den Determinanten vorausgesetzt werden können, sollen mit der durchgeführten Analyse ausschließlich erste grobe Zusammenhänge an Hand von gewichteten Analysen untersucht werden. Als potentielle Determinanten wurden folgende Variablen überprüft: Alter, BMI, Taillenumfang, Taille-Hüft-Verhältnis (engl. Waist-to-hip ratio (WHR)), Bildung, sozioökonomischer Status (SES), Einkommen, politische Gemeindegröße, Rauchstatus, Aktivität, Saison der Datenerhebung, Migrationshintergrund und Familienstand. Der SES-Index wurde gesondert für DEGS1 entwickelt und eignet sich, um den Einfluss des sozialen Status in epidemiologischen Analysen in einfacher Weise zu untersuchen. Er berücksichtigt drei Statusdimensionen (Bildung, Beruf und Einkommen) und erlaubt als kategoriale Variable (niedriger, mittlerer und hoher SES) einen Vergleich zwischen den unteren und oberen 20 % der Bevölkerung mit einer breiten Bevölkerungsmitte (60 % der Bevölkerung) (Lampert *u. a.*, 2013).

Ein erhöhter BMI, Taillenumfang und WHR lässt sich meist zurückführen auf eine erhöhte Gesamtenergiezufuhr. Um ausschließen zu können, dass eine höhere Gesamtenergiezufuhr auf Grund der erhöhten zugeführten Verzehrsmengen mit einer gesteigerten Übereinstimmung mit den Empfehlungen für die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 einhergeht, wurden die anthropometrischen Variablen BMI, Taillenumfang und WHR für die Gesamtenergiezufuhr adjustiert. Mittels der SAS Prozedur „PROC SURVEYFREQ“ wurde die Häufigkeit sowie der prozentuale Anteil der Studienteilnehmer gewichtet getrennt nach Geschlecht gemäß den Untergruppen der potentiellen Determinanten berechnet.

#### *4.1.4.1 Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und Biomarkern: t-test für unabhängige Stichproben*

Zur Analyse der Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und ausgewählten Biomarkern wurden die Punktwerte des HEI-DEGS1 zunächst in Quintile unterteilt. Durch die SAS Prozedur „PROC SURVEYREG“ (Regressionsanalyse) bei zeitgleicher Anwendung der Anweisung „LSMEANS“ konnten anschließend die Mittelwerte der Biomarker je Quintil des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht berechnet werden und ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt werden. Der t-test für unabhängige Stichproben ermöglicht es, zu untersuchen, ob sich die empirisch gefundenen Mittelwerte der Biomarker in den einzelnen Quintilen systematisch voneinander unterscheiden. Mit dem Testverfahren kann jeweils der Unterschied der Mittelwerte zweier Grundgesamtheiten getestet werden (Rasch *u. a.*, 2014). Dies waren im Einzelnen die Mittelwertdifferenzen zwischen den Extremen Quintil 1 und 5 sowie zwischen Quintil 1 und 2, Quintil 2 und 3, Quintil 3 und 4 und Quintil 4 und 5.

Generelle mathematische Voraussetzungen für den t-Test sind bei kleineren Stichproben das Vorliegen von normalverteilten Werten sowie die Varianzhomogenität der zu vergleichenden Populationen. Die Werte der untersuchten Biomarker zeigten sich jedoch durchweg als nicht normalverteilt. Auf Grund der verhältnismäßig großen Stichproben in den Quintilen des HEI-DEGS1, konnte dennoch nach dem zentralen Grenzwerttheorem eine Normalverteilung angenommen werden (Benesch, 2013). Trotz dieser Annahme, bestand zunächst der Versuch einer Logtransformation, der jedoch zu keiner Normalverteilung der Werte führte. Da die Logtransformation die grundlegenden Verhältnisse der Biomarker-Konzentrationen in den Quintilen nicht verändert hat, werden in der Ergebnisdarstellung die nicht transformierten Daten abgebildet. Dies ist eine Vorgehensweise, die auch in anderen Analysen zu finden ist (Truthmann *u. a.*, 2012). Zudem reagiert der t-Test für unabhängige Stichproben i.d.R. robust gegenüber Verletzungen seiner Voraussetzungen (Benesch, 2013). Die Varianzhomogenität wurde mittels Leveneschem Test auf Homogenität untersucht. Hierbei ergab sich für die überwiegende Mehrheit eine Homogenität der Varianzen. Ausnahmen bildeten bei den Männern die Biomarker systolischer und diastolischer Blutdruck sowie bei den Frauen die Biomarker Insulin, systolischer Blutdruck und Vitamin D.

Der t-Test stellt eine Entscheidungshilfe dafür dar, ob ein gefundener Mittelwertunterschied einen zufälligen Ursprung hat oder ob tatsächlich bedeutende Unterschiede zwischen den zwei Untersuchungsgruppen bestehen. Zur Überprüfung dieser Fragestellung muss eine Hypothese aufgestellt werden, die dann mit dem t-Test überprüft wird (Rasch *u. a.*, 2014). Geht man davon aus, dass die Differenz der Mittelwerte zufällig zustande gekommen ist, bedeutet dies, dass beide Gruppen aus zwei Populationen mit identischem Populationsmittelwert stammen. Die zu erwartende Differenz entspricht deshalb null. Diese Annahme wird Nullhypothese  $H_0$  genannt. Die Alternativhypothese  $H_1$  hingegen nimmt an, dass zwischen den beiden Vergleichsgruppen ein systematischer Unterschied besteht, die Populationen der Stichproben also einen unterschiedlichen Populationsmittelwert besitzen (Benesch, 2013; Mittag, 2014). Die Hypothesen für die zweiseitige Fragestellung lauten demnach:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0 \text{ oder } \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \text{ oder } \mu_1 \neq \mu_2$$

Für die Durchführung eines t-Tests, ist die Differenz der Gruppenmittelwerte von zentraler Bedeutung. Diese Mittelwertdifferenz kennzeichnet den Stichprobenkennwert des t-Tests:  $x_1 - x_2$ . Um bewerten zu können, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine empirisch festgestellte Differenz auftritt, ist ein standardisiertes Maß für die Mittelwertdifferenzen der Gruppen von Nutzen. Solche standardisierten Stichprobenkennwerte sind sog. t-Werte.

Die Formel zur Umrechnung einer empirischen Mittelwertdifferenz in einen t-Wert wird wie folgt definiert:

$$t = \frac{\text{empirische Mittelwertdifferenz}}{\text{geschätzter Standardfehler der Mittelwertdifferenz}}$$

Für die Bestimmung der Verteilung der Stichprobenkennwerte muss ihre Streuung (Standardfehler der Mittelwertdifferenz) mit Hilfe der Stichprobe geschätzt werden. Dies geschieht unter Berücksichtigung der Stichprobengrößen und den jeweiligen Populationsvarianzen. Sind die Populationsvarianzen bekannt, wird der Standardfehler der Mittelwertdifferenz wie folgt berechnet:

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

- $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ : Standardfehler der Verteilung der Mittelwertdifferenzen
- $n_1$ : Stichprobengröße in Stichprobe 1
- $n_2$ : Stichprobengröße in Stichprobe 2
- $\sigma_1^2$ : Populationsvarianzen der Variablen  $x_1$
- $\sigma_2^2$ : Populationsvarianzen der Variablen  $x_2$

Sind die beiden Streuungen  $\sigma_1^2$  und  $\sigma_2^2$  der Grundgesamtheit bekannt, berechnet sich die Prüfgröße aus dem Verhältnis der empirischen Mittelwertdifferenz zum Standardfehler der Differenz zweier Mittelwerte in der Population. Für gleiche Populationsvarianzen ( $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma$ ) gilt dann:

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\sigma^2 * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)} = \sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

- $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$ : Standardfehler der Verteilung der Mittelwertdifferenzen
- $\sigma$ : Populationsvarianz (für beide Stichproben gleich)
- $n_1$ : Stichprobengröße in Stichprobe 1
- $n_2$ : Stichprobengröße in Stichprobe 2

Bei unbekannter Standardabweichung der Grundgesamtheit, kann diese mit Hilfe der gepoolten Standardabweichung geschätzt werden:

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) s_1 + (n_2 - 1) s_2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

- $s_p$ : gepoolte Standardabweichung
- $n_1$ : Stichprobengröße in Stichprobe 1
- $n_2$ : Stichprobengröße in Stichprobe 2
- $s_1$ : Standardabweichung Stichprobe 1
- $s_2$ : Standardabweichung Stichprobe 2

Die Prüfgröße beim t-Test für unabhängige Stichproben lautet dann:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_p} * \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

$\bar{x}_1$ :	Mittelwert der Variablen $x_1$
$\bar{x}_2$ :	Mittelwert der Variablen $x_2$
$s_p$ :	gepoolte Standardabweichung
$n_1$ :	Stichprobengröße in Stichprobe 1
$n_2$ :	Stichprobengröße in Stichprobe 2

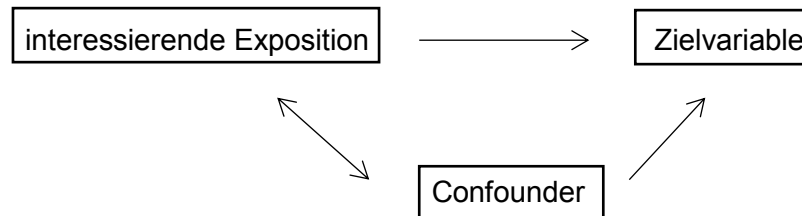
An Hand der t-Verteilung kann einem empirischen t-Wert eine Wahrscheinlichkeit (der p-Wert) zugeordnet werden, mit der unter Annahme der Nullhypothese exakt dieser oder ein größerer t-Wert auftritt. Der t-Wert erlaubt mithilfe der ihm zugeordneten Wahrscheinlichkeit eine Entscheidung darüber, ob die Annahme der Nullhypothese eher falsch ist. Für die Entscheidung über die Signifikanz der Mittelwertdifferenz muss vor der Durchführung des t-Tests das Signifikanzniveau festgelegt werden, das die größte noch akzeptable  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit kennzeichnet. Ein  $\alpha$ -Fehler bedeutet, dass die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese abgelehnt wird, obwohl sie in Wirklichkeit richtig ist. Im vorliegenden Fall wurde ein Signifikanzniveau von fünf Prozent ( $\alpha = 0,05$ ) festgelegt. Die Prüfung auf Signifikanz erfolgt durch den Vergleich des empirischen t-Wertes mit dem kritischen t-Wert. Der kritische t-Wert kann Tabellen entnommen werden. Er ist abhängig von den Freiheitsgraden und dem Signifikanzniveau. Die Berechnung des t-Tests stellt einen multiplen Test dar, denn es werden zeitgleich mehrere Untersuchungspaare analysiert. Dies ist problematisch, da der  $\alpha$ -Fehler mit der Anzahl der Vergleiche steigt. Um diese  $\alpha$ -Fehlerkumulierung zu neutralisieren, wurde die Bonferroni-Korrektur angewendet, bei der  $\alpha$  durch die Anzahl der Paarvergleiche dividiert wird (Benesch, 2013). Die empirische Mittelwertdifferenz wird dann als signifikant angenommen, wenn der empirische t-Wert im Betrag größer ist als der Betrag des kritischen t-Werts. In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit für den empirischen t-Wert so klein, dass die Nullhypothese abgelehnt wird, der Unterschied der Mittelwertdifferenz also höchstwahrscheinlich nicht zufällig, sondern systematisch ist. Die Stichproben entstammen in diesem Fall nicht aus Populationen mit identischem, sondern mit verschiedenen Mittelwerten (Rasch u. a., 2014).

#### 4.1.4.2 Anpassung der Studiendaten an potentielle Confounder

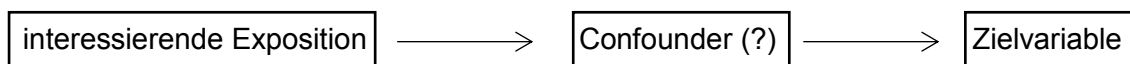
Unter einem Confounder (engl. für ‚Störfaktor‘) bzw. confundere (lat. für ‚verwechseln‘, ‚vermischen‘) oder Konfundierungseffekt, versteht man einen gewissen Verzerrungsmechanismus im Rahmen von epidemiologischen Studien (Hammer, Prel und Blettner, 2009). Confounder sind zufällige Störgrößen, die die Validität der Studienergebnisse beeinträchtigen können und den Zusammenhang zwischen Zielvariable und Exposition möglicherweise verfälscht darstellen (Kreienbrock, Pigeot und Ahrens, 2012). Aus diesem Grund ist es wichtig,

mögliche Störgrößen im Vorhinein zu identifizieren, um sie in der Auswertung der Studiendaten zu berücksichtigen. Ein Confounder muss folgende Bedingungen erfüllen (Hammer, Prel und Blettner, 2009):

1. Er muss selbst in Beziehung mit der zu interessierenden Zielvariable stehen und unabhängig davon mit der zu interessierenden Exposition assoziiert sein:



2. Er darf kein Zwischenschritt in einer Kausalkette zwischen der interessierenden Exposition und der Zielvariable sein:



Viele Studien, die den Zusammenhang der Ernährungsqualität mit Biomarkern untersuchen, berücksichtigen in ihren Regressionsmodellen Confounder wie z.B. die Gesamtenergiezufuhr, den BMI, die Alkoholzufuhr und den sozioökonomischen Status (Neuhouser *u. a.*, 2003; Weinstein, Vogt und Gerrior, 2004; Huang *u. a.*, 2016). Jedoch wären die Gesamtenergiezufuhr, BMI und die Alkoholzufuhr eher eine Folge der Ernährung und damit auch der Ernährungsqualität und sind damit in diesem Zusammenhang keine typischen Confounder. Die Gesamtenergiezufuhr könnte jedoch für isokalorische Betrachtungen von Interesse sein. Der sozioökonomische Status wiederum bedingt zu einem gewissen Grad die Ernährungsqualität und über diesen Weg auch die Biomarker und wird aus diesem Grund als Confounder ebenfalls ausgeschlossen.

Eine Möglichkeit, Confounder zu überprüfen ist es, sie in ein lineares Regressionsmodell aufzunehmen. Da Confounder nur dann berücksichtigt werden sollen, wenn sie einen bedeutenden Einfluss auf die Ergebnisvariable haben, wurde folgende informelle Regel getroffen: verursacht eine Confounder-Variable im Regressionsmodell eine Veränderung des  $\beta$ -Koeffizienten für den HEI-DEGS1 von mehr als zehn Prozent, dann wird der Confounder in das Model aufgenommen werden. Der Cut-off-Wert von zehn Prozent wird allgemeinhin angewandt (Lee, 2014). Um zu untersuchen, wie stark der Einfluss eines Confounders den Beta-Koeffizienten verändert, wurden die potentiellen Confounder-Variablen jeweils einzeln in das Regressionsmodell aufgenommen und geschaut, um wieviel Prozent sich der Ausgangswert des  $\beta$ -Koeffizienten ohne den Einschluss von Confoundern nach dem Einschluss

verändert. Dieses Vorgehen zur Identifizierung von Confoundern wurde bereits in anderen Studien beschrieben (Weinstein, Vogt und Gerior, 2004). In der vorliegenden Arbeit konnten somit ausschließlich die Variablen „Alter“, „Körperliche Aktivität“, „Rauchen“ und die „Saison der Datenerhebung“ als Confounder berücksichtigt werden. Die Aufnahme der Variablen erfolgte in kategorialer Ausprägung, da im Vorhinein keine Annahmen in Bezug auf die Form des Zusammenhanges zwischen den Variablen und der Zielgröße (Biomarker) vorausgesetzt werden sollten. Die Confoundervariable „Alter“ wurde wie folgt in 5-Jahresgruppen kategorisiert: 15-19 Jahre, 20-24 Jahre, 25-29 Jahre, 30-39 Jahre...75-79 Jahre. Die Variable „körperliche Aktivität“ bezieht sich auf die Anzahl der Tage innerhalb einer Woche, an denen ein Studienteilnehmer durch körperliche Aktivität ins Schwitzen oder außer Atem gekommen ist. Sie kann vier Variablenausprägungen aufweisen: „keine körperliche Aktivität“, „an ein bis zwei Tagen pro Woche körperlich aktiv“, „an drei bis fünf Tagen körperlich aktiv“ oder „an sechs oder mehr Tagen pro Woche körperlich aktiv“. Der Rauchstatus wird in vier Kategorien unterteilt: „Raucher“, „(Gelegenheits-) Raucher“, „Exraucher“ und „Nieraucher“. Die Variable „Saison der Datenerhebung“ bezieht sich auf den jeweiligen Untersuchungsmonat des Studienteilnehmers. Die Zuordnung erfolgt nach Jahreszeit, sodass ein Untersuchungszeitraum zwischen Dezember bis einschließlich Februar der Variablenausprägung „Winter“ zugeordnet wird, zwischen März bis einschließlich Mai dem „Frühling“, zwischen Juni bis einschließlich August dem „Sommer“ und zwischen September bis einschließlich November dem „Herbst“.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Vergleich der Ernährung mit den geltenden Empfehlungen

Im Folgenden wird die Ernährung der Studienteilnehmer in DEGS1 mit den für die deutsche erwachsene Bevölkerung geltenden Empfehlungen der DGE verglichen. Für die Lebensmittelgruppen 1 bis 12 wird untersucht, in wie fern die mittels FFQ geschätzten Verzehrmen gen den empfohlenen Verzehrmen gen entsprechen. Hierbei wird unterschieden, ob die Verzehrmenge unterhalb oder oberhalb der Empfehlung liegt oder, ob sie den Empfehlungen entspricht (siehe Abbildungen 3 und 4). Für die Lebensmittelgruppen 13 bis 15 bestehen keine explizit empfohlenen Verzehrmen gen durch die DGE. Aus diesem Grund wird bei diesen Gruppen verglichen, ob die geschätzte Verzehrmenge unterhalb oder oberhalb der geduldeten Verzehrmenge liegt (siehe Abbildungen 5 und 6). Die Analyse erfolgt jeweils getrennt nach Geschlecht.

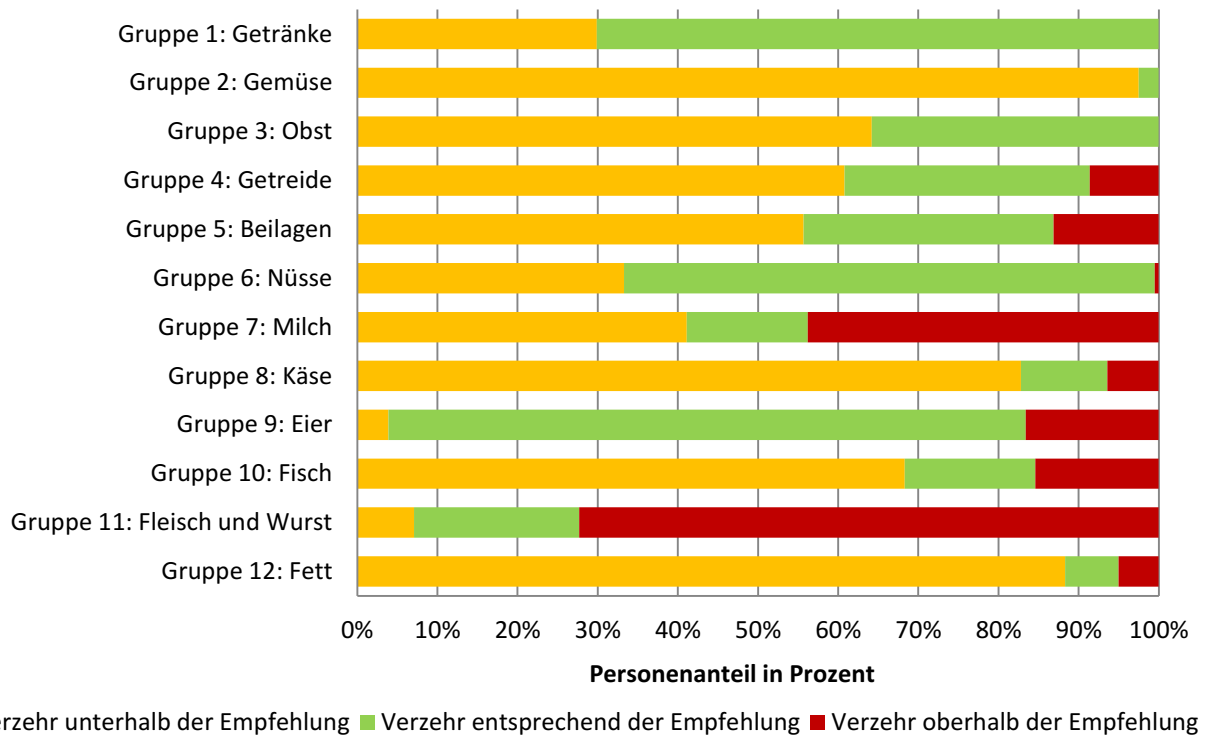
Nach Angaben des semiquantitativen FFQ, erreichen mehr als zwei Drittel der männlichen Studienteilnehmer bei der Gruppe Getränke die empfohlene Verzehrmenge von 1500 g pro Tag oder mehr. Das heißt, dass bei beinahe einem Drittel die Flüssigkeitszufuhr unterhalb der Empfehlung liegt und möglicherweise keine adäquate Flüssigkeitszufuhr stattfindet. Bei den Frauen liegt der Anteil derer, die die Empfehlungen für die Gruppe Getränke erreichen etwas höher und dementsprechend der Anteil an Personen mit einer zu niedrigen Flüssigkeitszufuhr etwas niedriger. Für die Gruppe Gemüse können beinahe alle Teilnehmer (> 90 %), die empfohlene Mindestmenge von 400 g pro Tag nicht erreichen. Der Obstverzehr entspricht bei mehr als der Hälfte der Studienteilnehmer nicht der empfohlenen Verzehrmenge von 250 g pro Tag oder mehr. Im Vergleich zu den Männern erreicht ein etwas größerer Anteil der Frauen die Empfehlungen. Über die Hälfte aller Teilnehmer liegt mit ihren Verzehrmen gen für Getreide und Beilagen unterhalb der Empfehlungen von 200 bis 360 g pro Tag für Getreide und 150 bis 250 g pro Tag für Beilagen. Bei den Frauen ist dabei der Anteil derer, die die Empfehlungen für beide Lebensmittelgruppen nicht erreichen etwas höher als bei den Männern. Entsprechend erreichen etwas mehr Männer als Frauen die empfohlenen Verzehrmen gen. Etwa zwei Drittel der Studienteilnehmer erreichen für die Lebensmittelgruppe Nüsse die Empfehlung. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Empfehlung eine Verzehrmenge von größer null bis 25 g pro Tag bedeutet. Der Nussverzehr der meisten Personen ist jedoch mit im Mittel zwei Gramm sehr gering. Rund ein Drittel der Studienteilnehmer verzehrte gar keine Nüsse (Daten nicht dargestellt).

Bei einem Großteil der Studienteilnehmer liegt der Verzehr von Lebensmitteln aus der Gruppe Milch und Milchprodukte unterhalb oder oberhalb der Empfehlung von 200 bis 250 g pro Tag. Nur ein verhältnismäßig geringfügiger Anteil der Studienteilnehmer liegt mit seinem Verzehr innerhalb der empfohlenen Verzehrmenge. Auch für die Lebensmittelgruppe Käse

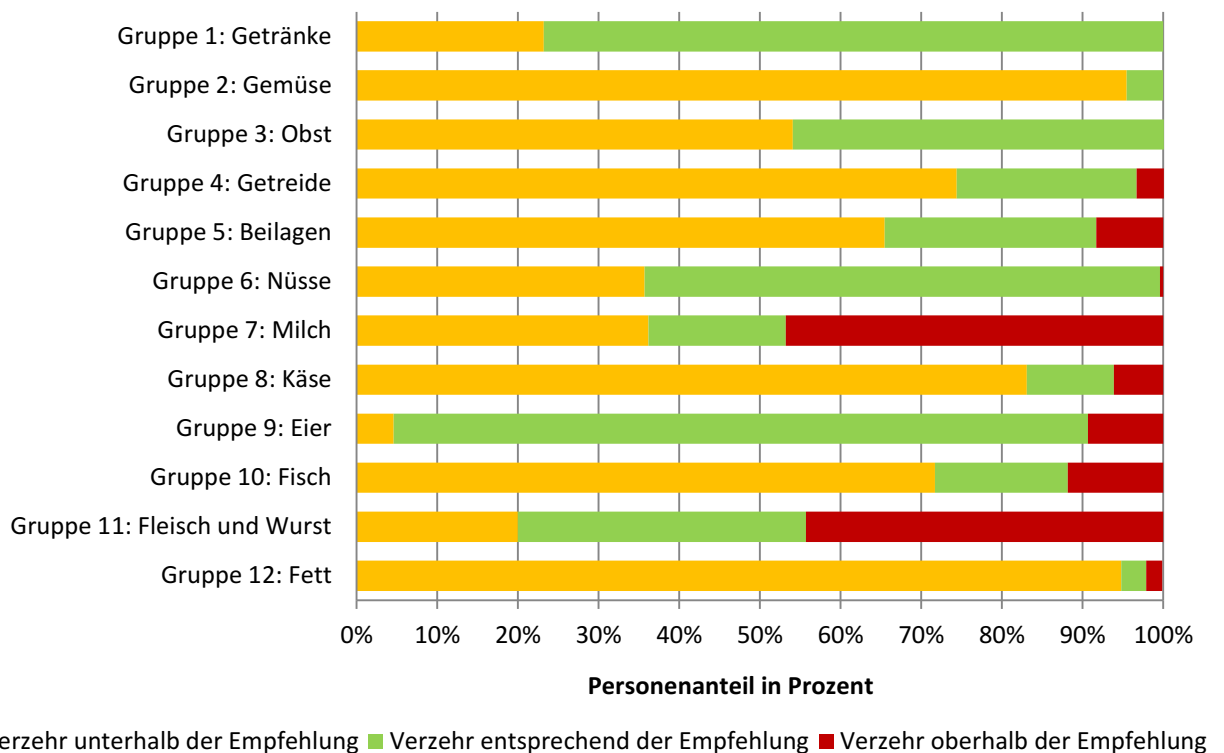


liegt bei der Mehrheit der Studienteilnehmer die geschätzte Verzehrmenge unterhalb der Empfehlung von 50 bis 60 g pro Tag. Nur etwa ein Zehntel aller Männer und Frauen erreichen die empfohlene Verzehrmenge. Für die Gruppe Eier kann für beide Geschlechter die größte Übereinstimmung mit der Empfehlung von maximal 180 g pro Woche gefunden werden. Bei der Lebensmittelgruppe Fisch erreicht mehr als die Hälfte der Studienteilnehmer die Empfehlungen von 150 bis 220 g pro Woche nicht. Ein deutlich geringerer Anteil stimmt mit der Verzehrmenge mit der Empfehlung für Fisch überein oder liegt oberhalb der Empfehlung. Der wohl größte Unterschied zwischen den Geschlechtern lässt sich im Verzehr von Fleisch und Wurst feststellen. Mehr als zwei Drittel aller Männer essen Fleisch und Wurst in Mengen oberhalb der Empfehlung von 300 bis 600 g pro Woche. Bei den Frauen ist dieser Anteil deutlich geringer, aber dennoch zu hoch. Gerade einmal ein Fünftel der Männer und etwas mehr als ein Drittel der Frauen entspricht mit seiner Verzehrmenge der Empfehlung. Nur ein geringfügiger Anteil der Männer und etwa ein Fünftel der Frauen liegt mit seinem Verzehr unterhalb der Empfehlung. Bei der Lebensmittelgruppe Fett liegt die deutliche Mehrheit der Studienteilnehmer unterhalb der empfohlenen Verzehrmenge von 15 bis 30 g pro Tag. Der Anteil derer, die die empfohlene Menge erreichen, ist verschwindend gering. Es ist hierbei zu beachten, dass sich die Lebensmittelgruppe Fett ausschließlich auf feste Fette wie Butter oder Margarine bezieht.

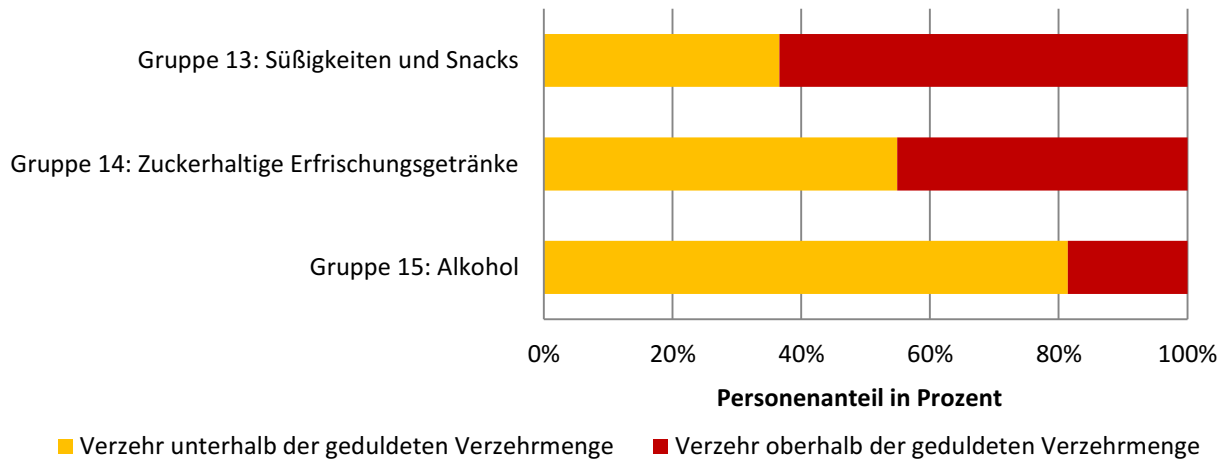
Bei der Lebensmittelgruppe Süßigkeiten und Snacks entspricht der Anteil an Männern und Frauen, deren Verzehr oberhalb der geduldeten Verzehrmenge von 49 g pro Tag liegt bei etwas mehr als der Hälfte aller Teilnehmer. Unterhalb der geduldeten Verzehrmenge befinden sich bei beiden Geschlechtern etwa ein Drittel aller Teilnehmer. Im Verzehr zuckerhaltiger Getränke unterscheiden sich Männer und Frauen deutlich voneinander. Bei den Männern erreichen beinahe 50 % die geduldete Verzehrmenge von 192 g pro Tag oder mehr. Bei den Frauen sind dies nur etwa ein Drittel. Demnach ist der Anteil der Frauen, die unterhalb der geduldeten Verzehrmenge liegen mit einem Anteil von etwa zwei Drittel deutlich höher, als bei den Männern, bei denen dieser Anteil nur bei etwas mehr als der Hälfte liegt. Die deutliche Mehrheit aller Studienteilnehmer befindet sich mit ihrem Alkoholverzehr unterhalb der geduldeten Menge von 20 g pro Tag für Männer bzw. zehn Gramm pro Tag für Frauen. Der Anteil der Teilnehmer, deren Verzehr oberhalb der geduldeten Verzehrmenge für Alkohol liegt, ist bei den Männern mit beinahe einem Fünftel etwas höher, als bei den Frauen.



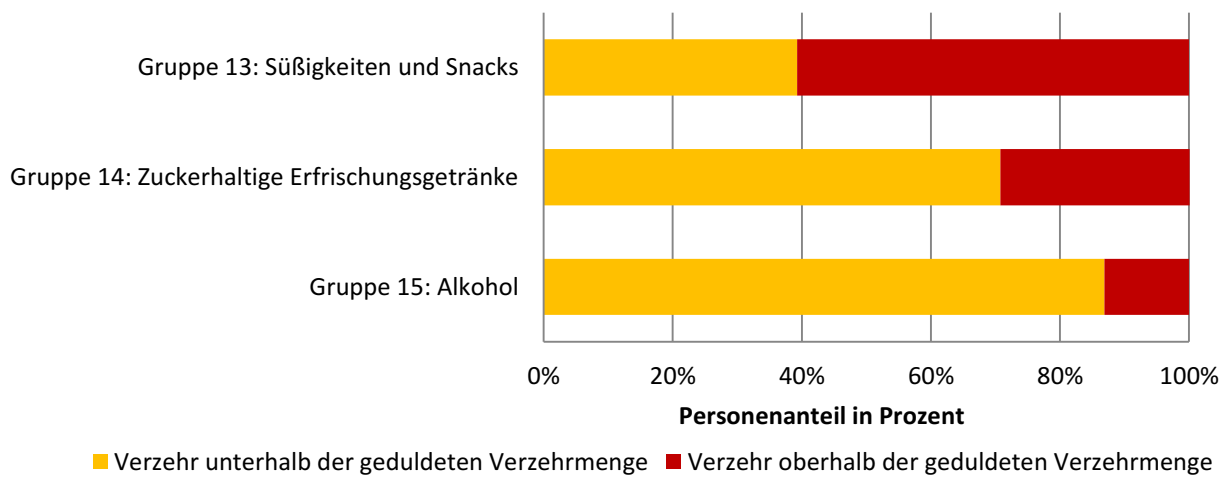
**Abbildung 3: Vergleich der Verzehrsmengen der Männer mit den Empfehlungen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1**



**Abbildung 4: Vergleich der Verzehrsmengen der Frauen mit den Empfehlungen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1**



**Abbildung 5: Vergleich der Verzehrsmengen der Männer mit den geduldeten Verzehrsmengen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1**



**Abbildung 6: Vergleich der Verzehrsmengen der Frauen mit den geduldeten Verzehrsmengen je Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1**

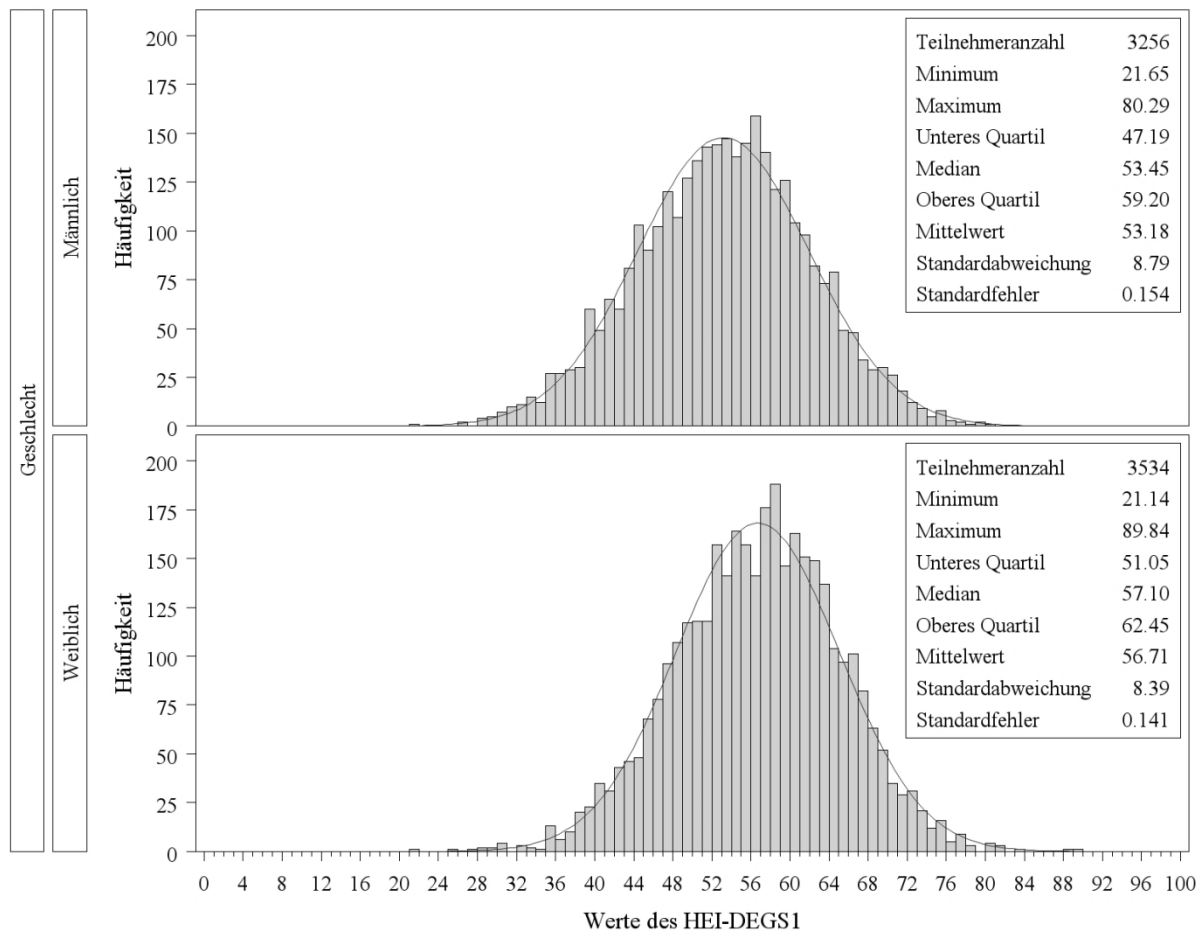
## 5.2 Die Ernährungsqualität Erwachsener in Deutschland

Insgesamt konnte der HEI-DEGS1 für 6790 Studienteilnehmer (Männer: n = 3256 und Frauen: n = 3534) gebildet werden und nimmt Punktwerte zwischen 21,14 und 89,84 an. Die Punktwerte für die Quartile 25, 50 und 75 liegen bei 49,12, 55,31 und 61,09. Mittelwert und Median liegen mit 55,02 bzw. 55,31 sehr dicht beieinander. Die Verteilungsparameter zeigen, dass die Werte des HEI-DEGS1 eine große Spannweite aufweisen (siehe Tabelle 4). Die Ernährungsqualität Erwachsener in Deutschland schwankt demnach zwischen einer relativ geringen und sehr hohen Ernährungsqualität. Die Standardabweichung des Index ist dementsprechend groß und liegt bei 8,76. Der Standardfehler des Mittelwerts liegt bei 0,106. Wie die Häufigkeitsverteilung des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht zeigt, nehmen die Werte annähernd eine Normalverteilung an (siehe Abbildung 7). Bei den Männern ist die Verteilung der Punktwerte deutlich breiter gestreut, als bei den Frauen. Dies zeigt auch die etwas größere Standardabweichung der männlichen Studienteilnehmer. Es wird deutlich, dass die Ernährungsqualität der Frauen etwas besser ist, als die der Männer. Zwar haben Männer und Frauen beinahe einen identischen minimalen Punktwert, doch bereits mit dem Punktwert des unteren Quartils zeichnet sich eine deutliche Differenz der Punktwerte zwischen den Geschlechtern ab. Diese bleibt über alle Quartile hinweg bestehen und findet ihren Höhepunkt beim maximalen Punktwert des HEI-DEGS1, bei dem die Differenz zwischen den Geschlechtern mehr als neun Punkte beträgt.

**Tabelle 4: Verteilungsparameter des HEI-DEGS1**

	n	Min.	Max.	25. Perzentil	50. Perzentil	75. Perzentil	MW	SD	SEM
<b>Männer und Frauen</b>	6790	21,14	89,84	49,12	55,31	61,09	55,02	8,76	0,106
<b>Männer</b>	3256	21,65	80,29	47,19	53,45	59,20	53,18	8,79	0,154
<b>Frauen</b>	3534	21,14	89,84	51,05	57,10	62,45	56,71	8,39	0,141

MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, SEM = Standardfehler des Mittelwerts



**Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Punktwerte des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht**

### 5.2.1 Determinanten der Ernährungsqualität

Die Ergebnisse der Analyse potentieller Determinanten des HEI-DEGS1 sind in Tabelle 5 dargestellt. Die Studienpopulation zeigt gemäß den untersuchten Determinanten der Ernährungsqualität folgende Charakteristika: Männer und Frauen stellen zu beinahe identischen Anteilen die untersuchte Gesamtstudienpopulation. Für beide Geschlechter zeigt sich eine ähnliche Altersverteilung, wobei der größte Anteil an Studienteilnehmern von den 40- bis 59-Jährigen gestellt wird. Bei der Verteilung der Studienteilnehmer nach BMI zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Der Anteil Untergewichtiger ist bei Männern und Frauen relativ gering. Unter den weiblichen Studienteilnehmern gibt es mit knapp 50 % deutlich mehr Normalgewichtige, als bei den Männern (35,1 %), die wiederum einen deutlich höheren Anteil an Übergewichtigen (43,6 %) im Vergleich zu den Frauen (29,0 %) aufweisen. Der Anteil an adipösen Studienteilnehmern liegt bei um die 20 %. Die Verteilung der Teilnehmer nach Taillenumfang ist für Männer und Frauen in etwa gleich, wobei der größte Anteil aus Personen mit einem normalen Taillenumfang (Männer: 46,3 % und Frauen: 43,3 %) besteht. Im Vergleich zu Männern haben wesentlich mehr Frauen ein geringes WHR

(Frauen: 51,1 % und Männer: 36,5 %). Hingegen besitzt der größte Anteil der Männer (47,6 %) ein großes WHR im Vergleich zu den weiblichen Studienteilnehmern (33,7 %). Der Anteil an Personen mit einfacher Bildung liegt bei beiden Geschlechtern bei etwa 36 %. Den größten Anteil stellen Teilnehmer mit mittlerer Bildung: 47,0 % (Männer) bzw. 51,1 % (Frauen). Der Anteil an Personen mit höherer Bildung ist mit 16,9 % bei den Männern und 12,2 % bei den Frauen deutlich niedriger. Jeweils etwa ein Fünftel der Teilnehmer besitzt einen niedrigen oder hohen SES. Die größere Gruppe stellen die Personen mit einem mittleren SES. Die Verteilung der Einkommensgruppen ist für Männer und Frauen annähernd gleich. Der Anteil an Geringverdienenden unter 2000 € ist bei Frauen insgesamt etwas höher als bei den Männern, bei denen wiederum der Anteil der Gutverdienenden (monatliches Einkommen über 3000 €) etwas höher ist, als bei den Frauen. Die Hälfte der weiblichen Studienteilnehmer verteilt sich auf die Gruppe der Nieraucher. Bei den Männern sind dies nur 34,4 %. In etwa genauso viele Männer (33,1 %) haben angegeben, sie seien Exraucher. Bei den Frauen ist dieser Anteil mit 22,7 % deutlich niedriger. Rund sieben bzw. sechs Prozent der Teilnehmer sind (Gelegenheits-) Raucher und rund  $\frac{1}{4}$  der Männer und 22 Prozent der Frauen sind tägliche Raucher. Bei den Männern befinden sich die meisten Teilnehmer in den Gruppen, die an ein bis zwei Tagen bzw. drei bis fünf Tagen in der Woche körperlich aktiv sind. Bei den Frauen hingegen ist der größte Anteil an Personen in den Gruppen zu finden, die an drei bis fünf Tagen oder an sechs oder mehr Tagen pro Woche körperlich aktiv sind. Die Saison mit dem höchsten Anteil an Studienteilnehmern ist der Herbst (Männer 33,0 % und Frauen 31,6 %). Es folgen Frühling und Winter sowie der Sommer mit den wenigsten Studienteilnehmern. Etwa 20 % der Studienteilnehmer hat mindestens ein Elternteil mit Migrationshintergrund. Beim größeren Anteil dieser Personen besitzen beide Elternteile einen Migrationshintergrund. Die deutliche Mehrheit aller Studienteilnehmer ist verheiratet und lebt mit dem Partner zusammen (Männer: 62,6 % und Frauen 59,9 %).

Insgesamt ist der Punktwert des HEI-DEGS1 für Frauen im Vergleich zu Männern über alle überprüften Determinanten hinweg jeweils deutlich höher, die Ernährungsqualität der Frauen demnach besser als die der Männer. Mit höherer Altersgruppe, steigt der HEI-DEGS1 kontinuierlich an. In Bezug auf die anthropometrischen Parameter zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme der Ernährungsqualität mit zunehmendem BMI und WHR. Beim Taillenumfang zeigt sich zwischen der Gruppe mit einem normalen Taillenumfang im Vergleich zur Gruppe mit einem erhöhten oder stark erhöhten Taillenumfang ein deutlicher Anstieg der Ernährungsqualität, wobei der Punktwert bei erhöhtem und stark erhöhtem Taillenumfang ähnlich hoch ist. Signifikante Gruppenunterschiede zeigen sich bei beiden Geschlechtern für Übergewicht im Vergleich zu Normalgewicht sowie für einen erhöhten Taillenumfang im Vergleich zu einem normalen Taillenumfang, für ein mittleres WHR im Vergleich zu einem geringen

WHR sowie für Frauen für ein großes WHR im Vergleich zu einem mittleren WHR. Teilnehmer mit einem einfachen Bildungsabschluss zeigen eine höhere Ernährungsqualität als Teilnehmer mit mittlerer Bildung. Am höchsten ist die Ernährungsqualität bei einem höheren Bildungsabschluss. Eine einfache und mittlere Bildung sowie eine mittlere und höhere Bildung unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Ernährungsqualität. Ein Anstieg des SES steht in deutlichem Zusammenhang mit einer gesteigerten Ernährungsqualität. Hierbei unterscheidet sich ein hoher SES signifikant von einem mittleren SES sowie bei den Frauen zudem ein mittlerer SES signifikant von einem niedrigen SES. Beim Vergleich der Einkommensgruppe mit weniger als 1000 € im Monat zu der Einkommensgruppe mit 1000 bis 2000 € im Monat offenbart sich ein leichter (bei den Frauen signifikanter) Anstieg der Ernährungsqualität. Darüber hinaus steigt die Ernährungsqualität für Frauen zudem bei einem monatlichen Einkommen über 4000 € deutlich an. Für Männer bleibt die Ernährungsqualität ab 1000 € beinahe auf konstantem Level. Für verschiedene politische Gemeindegrößen lassen sich keine Unterschiede in der Ernährungsqualität aufdecken. Hingegen zeigt sich ein Zusammenhang zwischen der Ernährungsqualität und dem Rauchstatus der Studienteilnehmer. Für Männer findet sich ein Anstieg zwischen Rauchern, (Gelegenheits-)Rauchern und Exrauchern (letzterer ist signifikant) und eine Verringerung des Punktwertes des HEI-DEGS1 zwischen Exrauchern und Nier Rauchern. Bei den Frauen steigt die Ernährungsqualität zwischen den Gruppen der Raucher, (Gelegenheits-)Raucher (signifikant) und Exraucher deutlich an. Für Nierraucher im Vergleich zu Exrauchern zeigt sich nur ein geringfügiger Anstieg der Ernährungsqualität. Bei den Männern ist die mittlere Ernährungsqualität der Gruppen mit einer körperlichen Aktivität unter einem Tag bzw. ein bis zwei Tagen pro Woche konstant. Sie ist etwas niedriger bei drei bis fünf aktiven Tagen pro Woche und ist am höchsten bei einer körperlichen Aktivität ab sechs Tagen pro Woche. Bei den Frauen hingegen nimmt die Ernährungsqualität geringfügig mit steigender Aktivität zu. Die Ernährungsqualität offenbart keine bedeutsamen Zusammenhänge zur Saison der Datenerhebung. In Abhängigkeit vom Migrationshintergrund zeigt sich kein eindeutiger Trend. So ist der Punktwert des HEI-DEGS1 für Personen ohne Migrationshintergrund sowie für Personen, bei denen beide Elternteile einen Migrationshintergrund besitzen gleich. Allein für Studienteilnehmer, bei denen ein Elternteil einen Migrationshintergrund besitzt, ist die Ernährungsqualität etwas niedriger im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen. Auf Grund der geringen Fallzahl in den Gruppen mit Migrationshintergrund (siehe n für Elternteile mit Migrationshintergrund in Tabelle 9), sind die Ergebnisse jedoch mit Vorsicht zu interpretieren. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen, ist die Ernährungsqualität in der Gruppe der ledigen Studienteilnehmer am geringsten. Bei beiden Geschlechtern ist die Ernährungsqualität bei verwitweten Personen am höchsten, gefolgt von der Gruppe mit verheiratet zusammenlebenden Teilnehmern. Für Männer zeigt sich für verheiratete aber getrenntlebende Personen ein geringfügig niedriger Wert des HEI-

DEGS1 als für verheiratet Zusammenlebende. Bei den Frauen jedoch nimmt die Ernährungsqualität in dieser Gruppe im Vergleich zu den verheiratet Zusammenlebenden deutlich ab. Geschiedene Personen haben eine deutlich niedrigere Ernährungsqualität als verheiratet Zusammenlebende. Signifikante Gruppenunterschiede bestehen zwischen verheiratet zusammenlebenden und ledigen Personen sowie für Frauen zwischen verheiratet getrenntlebenden und verheiratet zusammenlebenden Personen. Auf Grund der geringen Fallzahl in den Gruppen der verheirateten aber getrennt Lebenden, Geschiedenen und Verwitweten, müssen die Ergebnisse auch hier mit Vorsicht gedeutet werden.

Beruhend auf den vorliegenden Ergebnissen kann zusammenfassend festgehalten werden: die Ernährungsqualität ist für Frauen deutlich besser, als für Männer. Sie steigt kontinuierlich bei zunehmendem Alter, BMI, WHR, SES und körperlicher Aktivität (nur bei den Frauen). Bei den Männern ist die Ernährungsqualität zudem bei Ex-Rauchern, bei den Frauen bei Nierrauchern am höchsten. Bei beiden Geschlechtern ist die Ernährungsqualität für verheiratet zusammenlebende und verwitwete Personen am höchsten. Für die Determinanten Taillenumfang, Bildung, Einkommen, politische Gemeindegröße, Saison der Datenerhebung und den Migrationshintergrund können keine kontinuierlichen Zusammenhänge zum HEI-DEGS1 gefunden werden.

**Tabelle 5: Anzahl bzw. prozentualer Anteil der Studienteilnehmer sowie Mittelwerte des HEI-DEGS1 mit Konfidenzintervall gemäß potentieller Determinanten getrennt nach Geschlecht**

	Männer		Frauen	
	n (%)	MW HEI-DEGS1 (95 % KI)	n (%)	MW HEI-DEGS1 (95 % KI)
<b>Geschlecht</b>	3256 (49,7)	52,3 (51,97-52,71)	3534 (50,3)	56,1 (55,66-56,50)
<b>Altersgruppen (in Jahren)</b>				
18-19	118 (4,7)	45,7 (44,01-47,30)	87 (3,3)	48,2 (46,01-50,38) *
20-29	387 (14,9)	48,3 (47,29-49,36)	435 (15,2)	52,2 (51,13-53,22)
30-39	397 (15,0)	49,8 (48,84-50,77)	410 (14,1)	54,0 (53,02-55,02)
40-49	577 (22,2)	52,2 (51,49-52,99) ***	673 (21,2)	56,1 (55,26-56,89) *
50-59	616 (18,3)	53,6 (52,74-54,48)	734 (18,6)	57,1 (56,33-57,90)
60-69	641 (13,8)	55,8 (54,99-56,69) *	690 (14,4)	59,1 (58,31-59,95) *
70-79	520 (11,2)	57,7 (56,93-58,46)	505 (13,2)	59,9 (58,99-60,90)
<b>BMI<sup>#</sup></b>				
Untergewicht (BMI < 18,5)	23 (0,6)	50,1 (46,46-53,75)	65 (2,2)	53,2 (50,44-55,87)
Normalgewicht (18,5 ≤ BMI < 25)	1103 (35,1)	50,9 (50,21-51,62)	1699 (50,1)	55,3 (54,73-55,78)
Übergewicht (25 ≤ BMI < 30)	1415 (43,6)	53,1 (52,70-53,65) ***	1039 (29,0)	56,8 (56,12-57,58) **
Adipositas (BMI ≥ 30)	659 (20,7)	53,3 (52,55-54,12)	668 (18,7)	57,4 (56,56-58,21)



<b>Taillenumfang<sup>#</sup></b>				
Normal	1373 (46,3)	51,0 (50,39-51,61)	1372 (43,3)	54,7 (54,10-55,31)
Erhöht	768 (23,0)	53,8 (52,98-54,55) ***	748 (20,7)	57,3 (56,44-58,09) ***
Stark erhöht	1101 (30,7)	53,4 (52,84-53,94)	1399 (36,1)	57,0 (56,43-57,60)
<b>WHR<sup>#</sup></b>				
Gering	972 (36,5)	50,2 (49,51-50,81)	1545 (51,1)	54,9 (54,28-55,50)
Mittel	472 (15,9)	53,0 (52,02-53,96) ***	513 (15,2)	56,2 (55,29-57,14) *
Groß	1678 (47,6)	53,7 (53,23-54,22)	1324 (33,7)	57,7 (57,11-58,28) *
<b>Bildung</b>				
Einfache Bildung	1052 (36,0)	52,8 (52,05-53,54)	1124 (36,6)	56,4 (55,74-57,08)
Mittlere Bildung	1447 (47,0)	51,4 (50,86-51,94) *	1843 (51,1)	55,4 (54,92-55,85) *
Höhere Bildung	741 (16,9)	54,1 (53,36-54,77) *	547 (12,2)	58,4 (57,19-59,52) ***
<b>SES</b>				
Niedrig	482 (18,1)	51,5 (50,52-52,43)	554 (19,3)	54,7 (53,75-55,57)
Mittel	1875 (59,4)	52,2 (51,71-52,71)	2202 (62,5)	56,1 (55,64-56,60) *
Hoch	883 (22,5)	53,4 (52,76-54,12) *	758 (18,2)	57,7 (56,94-58,46) **
<b>Einkommen</b>				
≤ 1000 €	305 (10,7)	50,6 (49,25-52,03)	439 (14,1)	54,9 (53,88-56,01)
> 1000 ≤ 2000 €	1010 (31,5)	52,6 (51,75-53,37)	1143 (35,1)	56,2 (55,56-56,90) *
> 2000 ≤ 3000 €	897 (29,1)	52,5 (51,90-53,09)	934 (27,1)	56,3 (55,59-57,11)
> 3000 ≤ 4000 €	460 (15,2)	52,7 (51,85-53,56)	457 (13,6)	56,2 (55,37-57,04)
> 4000 €	441 (13,5)	52,8 (51,77-53,75)	352 (10,2)	57,4 (56,25-58,46)
<b>Politische Gemeindegröße</b>				
< 5000 Einwohner	902 (31,5)	52,1 (51,03-53,15)	1032 (31,8)	56,5 (55,47-57,46)
5000 ≤ 20 000 Einwohner	934 (29,0)	52,7 (52,00-53,36)	1049 (29,6)	56,1 (55,38-56,87)
20 000 ≤ 100 000 Einwohner	793 (23,9)	52,2 (51,47-52,84)	829 (23,8)	55,7 (54,96-56,42)
> 100 000 Einwohner	627 (15,7)	52,4 (51,74-53,04)	624 (14,8)	56,2 (55,37-57,10)
<b>Rauchstatus</b>				
Raucher (täglich)	736 (25,9)	49,1 (48,30-49,86)	657 (21,6)	52,6 (51,78-53,41)
(Gelegenheits-) Raucher	209 (6,7)	49,6 (48,42-50,85)	192 (5,7)	55,6 (53,87-57,41) *
Exraucher	1157 (33,1)	54,3 (53,61-54,90) ***	854 (22,7)	56,6 (55,90-57,30)
Nieraucher	1140 (34,3)	53,5 (52,90-54,08)	1812 (50,0)	57,3 (56,76-57,90)
<b>Körperliche Aktivität (aktive Tage pro Woche)</b>				
< 1 Tage	167 (5,4)	52,4 (51,56-53,24)	146 (4,0)	55,7 (55,07-56,42)
≥ 1 ≤ 2 Tage	1068 (33,6)	52,4 (51,81-53,08)	884 (26,2)	56,0 (55,42-56,65)
≥ 3 ≤ 5 Tage	1102 (34,4)	51,9 (51,31-52,59)	1265 (35,9)	56,2 (55,45-57,02)

≥ 6 Tage	833 (26,7)	53,4 (52,23-54,57)	1146 (33,8)	57,0 (55,31-58,67)
<b>Saison der Datenerhebung</b>				
Frühling	817 (25,2)	52,9 (52,25-53,56)	860 (24,6)	56,7 (55,86-57,52)
Sommer	668 (17,8)	52,2 (51,30-53,14)	744 (18,4)	55,3 (54,44-56,12)
Herbst	1049 (33,0)	52,0 (51,29-52,71)	1120 (31,6)	55,8 (55,00-56,54)
Winter	722 (24,0)	52,3 (51,62-53,01)	810 (25,5)	56,5 (55,70-57,21)
<b>Migrationshintergrund</b>				
Kein Elternteil	2713 (81,2)	52,4 (52,00-52,78)	2930 (79,9)	56,1 (55,71-56,57)
Ein Elternteil	142 (4,6)	51,1 (49,65-52,61)	156 (4,9)	55,4 (53,59-57,12)
Beide Eltern	301 (14,2)	52,4 (51,29-53,47)	352 (15,2)	56,1 (54,79-57,32)
<b>Familienstand</b>				
Ledig	807 (29,5)	49,1 (48,38-49,74)	710 (23,0)	52,3 (51,45-53,21)
Verheiratet, zusammenlebend	2143 (62,6)	53,9 (53,45-54,32) ***	2153 (59,9)	57,5 (56,95-58,00) ***
Verheiratet, getrennt lebend	47 (1,5)	53,2 (48,65-57,67)	68 (2,1)	53,6 (51,22-56,05) *
Geschieden	162 (4,7)	51,8 (50,08-53,44)	267 (7,1)	55,9 (54,59-57,17)
Verwitwet	65 (1,8)	55,0 (51,71-58,31)	308 (7,9)	57,8 (56,74-58,94)

Sowohl Fallzahlen als auch Mittelwerte stellen gewichtete Ergebnisse dar. # = adjustiert für die Gesamtenergiezufuhr. Die mittels t-Test berechnete Signifikanz der Mittelwertdifferenz bezieht sich jeweils auf die Differenz zwischen der markierten und der vorherigen Gruppe. Zur Neutralisierung einer  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung wurde eine Bonferroni-Korrektur vorgenommen. Die Signifikanzniveaus sind: \*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,0001.

### 5.3 Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und Biomarkern des kardiovaskulären Status sowie des Nährstoffstatus

Die Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und Biomarkern des kardiovaskulären Status werden in Tabelle 6 für Männer bzw. in Tabelle 7 für Frauen veranschaulicht. Die Zusammenhänge zum Nährstoffstatus werden für Männer in Tabelle 8 und für Frauen in Tabelle 9 beschrieben. Dargestellt wird jeweils der mittels t-Test berechnete p-Wert der Differenz des Mittelwertes zwischen den Extremen Quintil 1 und 5 sowie der arithmetische Mittelwert der Biomarker gemäß der Quintile des HEI-DEGS1. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in adjustierter und nicht adjustierter Ausführung. Generell wird für die Ergebnisdarstellung der Begriff Mittelwert statt arithmetisches Mittel benutzt.

### 5.3.1 Blutzucker und Insulin

Bei den Männern ist der p-Wert der nicht adjustierten Mittelwertdifferenz zwischen Quintil 1 und 5 statistisch signifikant und zeigt damit einen signifikanten Anstieg der Biomarker-Konzentration zwischen der Teilnehmergruppe mit einer geringen Ernährungsqualität und der Teilnehmergruppe mit einer hohen Ernährungsqualität. Bei den Frauen zeigen sich sowohl nicht adjustiert als auch adjustiert signifikante Differenzen der Mittelwerte zwischen Quintil 1 und 5 für das HbA<sub>1c</sub> sowie die nicht adjustierten Glukosewerte. Die nicht-adjustierten Mittelwerte des HbA<sub>1c</sub> und der Glukose steigen bei beiden Geschlechtern mit zunehmendem Quintil beinahe kontinuierlich an. Nach Adjustierung bleibt dieser Anstieg für das HbA<sub>1c</sub> bei den Frauen bestehen. Bei der Glukose wird der Anstieg nach Adjustierung der Mittelwerte bei den Männern vollständig und bei den Frauen ab Quintil 4 nivelliert. Signifikant ansteigende Mittelwerte bestehen für Frauen zwischen Quintil 4 und 5 des nicht adjustierten HbA<sub>1c</sub> und der Glukose sowie zwischen Quintil 1 und 2 des adjustierten HbA<sub>1c</sub>. Bei beiden Geschlechtern besteht für Insulin sowohl nicht adjustiert als auch adjustiert eher eine Tendenz zur Verringerung der Biomarker-Konzentration bei ansteigendem Quintil. Es können für Insulin jedoch keine signifikanten Mittelwertdifferenzen gefunden werden.

### 5.3.2 Blutdruck

Nach Adjustierung der Werte zeigen die systolischen und diastolischen Blutdruckwerte der Männer insgesamt eher eine Tendenz zur Verringerung der Mittelwerte mit ansteigendem Quintil des HEI-DEGS1. Diese Verringerung ist für die Mittelwertdifferenz des adjustierten diastolischen Blutdruckes zwischen Quintil 1 und 5 statistisch signifikant. Bei den Frauen kann mit ansteigendem Quintil ein Anstieg der nicht adjustierten Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdruckes beobachtet werden. Dieser Anstieg zeigt sich bei den nicht adjustierten Werten zwischen den Extremen Quintil 1 und 5 als statistisch signifikant. Nach Adjustierung wird der ansteigende Trend für den systolischen Blutdruckwert ins Gegenteil umgekehrt. Beim diastolischen Blutdruck steigen die Werte nach Adjustierung bis zum 3. Quintil an und sinken im 4. und 5. Quintil wieder ab.

### 5.3.3 Serumlipide

Das Gesamt- und LDL-Cholesterin sowie die Triglyzeride zeichnen sich bei den Männern ohne Adjustierung der Werte durch einen ansteigenden Trend bei zunehmendem Quintil aus, der nach Adjustierung jedoch nivelliert wird. Für das nicht adjustierte Gesamt- und HDL-Cholesterin zeigt sich zwischen Quintil 1 und 2 bzw. Quintil 2 und 3 ein signifikanter Anstieg des Mittelwertes für die männlichen Studienteilnehmer. Bei den weiblichen Studienteilnehmern zeigt sich für das Gesamt- und LDL-Cholesterin nach Adjustierung eine Umkehr des

zuvor positiven Zusammenhanges mit der Ernährungsqualität. Für das HDL-Cholesterin bleibt der ansteigende Trend ab dem 3. Quintil bestehen. Für die Triglyzeridwerte wird der ansteigende Trend nach Adjustierung aufgehoben. Für die nicht adjustierten Mittelwerte des Gesamt- und LDL-Cholesterins sowie die Triglyzeride lässt sich eine signifikant ansteigende Differenz der Mittelwerte zwischen Quintil 1 und 5 finden. Für diese Biomarker zeigt sich zudem für die nicht adjustierten Werte ein signifikanter Anstieg der Biomarker-Konzentrationen zwischen Quintil 1 und 2.

**Tabelle 6: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des kardiovaskulären Status gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Männer)**

Biomarker mit analytischer Einheit	n	Adjustierung	Q1 vs. Q5	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
<b>Blutzucker und Insulin</b>								
<b>HbA<sub>1c</sub> (%)</b>	2935	nicht adjustiert	<b>0,0057</b>	5,45	5,52	5,53	5,50	5,62
	2860	adjustiert	1,0000	5,52	5,53	5,50	5,46	5,52
<b>Glukose (mg/dl)</b>	1522	nicht adjustiert	0,0687	92,71	92,96	94,07	96,01	96,10
	1484	adjustiert	1,0000	94,34	93,41	93,63	95,02	93,58
<b>Insulin (µU/ml)</b>	2932	nicht adjustiert	0,7370	7,78	8,11	7,52	7,56	7,09
	2858	adjustiert	1,0000	7,65	8,14	7,44	7,57	7,07
<b>Blutdruck</b>								
<b>Systolischer Blutdruck (mmHg)</b>	3242	nicht adjustiert	1,0000	126,96	128,01	127,02	127,52	127,70
	3155	adjustiert	0,5080	128,44	128,11	126,66	126,69	126,10
<b>Diastolischer Blutdruck (mmHg)</b>	3242	nicht adjustiert	1,0000	74,83	75,98	75,53	75,00	75,28
	3155	adjustiert	<b>0,0090</b>	76,13	75,78	75,09	74,48	73,98
<b>Serumlipide</b>								
<b>Gesamtcholesterin (mg/dl)</b>	3221	nicht adjustiert	0,1554	194,10	<b>204,96**</b>	199,87	201,27	203,92
	3136	adjustiert	1,0000	199,77	205,02	197,58	198,48	198,11
<b>HDL-Cholesterin (mg/dl)</b>	3225	nicht adjustiert	0,0567	48,03	50,44	<b>48,81*</b>	48,45	49,81
	3139	adjustiert	1,0000	48,82	50,63	48,50	48,15	48,63
<b>LDL-Cholesterin (mg/dl)</b>	3225	nicht adjustiert	1,0000	122,23	127,38	123,58	125,82	126,68
	3139	adjustiert	1,0000	125,98	127,13	121,94	125,00	123,79
<b>Triglyzeride (mg/dl)</b>	3225	nicht adjustiert	0,4754	140,64	147,66	147,49	148,26	152,78
	3139	adjustiert	1,0000	145,82	148,19	145,92	138,56	145,55

Q = Quintil. Die mittels t-Test berechnete Signifikanz der Mittelwertdifferenz, bezieht sich jeweils auf die Differenz zwischen dem markierten und dem vorherigen Quintil. Zur Neutralisierung einer  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung wurde eine Bonferroni-Korrektur vorgenommen. Die Signifikanzniveaus sind: \*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,0001. Als Ergebnis der mittels t-Test berechneten Mittelwertdifferenz zwischen den Extremen Q1 und Q5 wird der p-Wert nach Bonferroni-Korrektur dargestellt. Rot markierte Ergebnisse sind signifikant. Bei Adjustierung wurden die Mittelwerte für die kategorialen Variablen Alter, Aktivität, Rauchen und Saison der Datenerhebung korrigiert.

**Tabelle 7: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des kardiovaskulären Status gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Frauen)**

Biomarker mit analytischer Einheit	n	Adjustierung	Q1 vs. Q5	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
<b>Blutzucker und Insulin</b>								
HbA <sub>1c</sub> (%)	3226	nicht adjustiert	<b>0,0270</b>	5,10	5,28	5,32	5,30	<b>5,43*</b>
	3140	adjustiert	<b>0,0102</b>	5,22	<b>5,32*</b>	5,33	5,27	5,34
Glukose (mg/dl)	1465	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	86,21	88,66	90,16	88,67	<b>91,45*</b>
	1430	adjustiert	1,0000	89,37	89,93	90,02	87,99	89,52
Insulin (µU/ml)	3221	nicht adjustiert	0,1746	7,49	7,25	6,87	7,18	6,60
	3136	adjustiert	0,4698	7,40	7,19	6,95	7,25	6,59
<b>Blutdruck</b>								
Systolischer Blutdruck (mmHg)	3513	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	116,76	119,23	121,09	122,18	122,38
	3415	adjustiert	1,0000	120,58	122,76	121,40	120,69	119,53
Diastolischer Blutdruck (mmHg)	3513	nicht adjustiert	<b>0,0013</b>	69,28	70,66	71,87	71,97	71,68
	3415	adjustiert	1,0000	71,03	71,27	71,78	71,49	70,63
<b>Serumlipide</b>								
Gesamtcholesterin (mg/dl)	3496	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	191,71	<b>203,95**</b>	205,86	208,44	209,53
	3399	adjustiert	1,0000	202,56	207,76	206,62	205,36	203,18
HDL-Cholesterin (mg/dl)	3499	nicht adjustiert	0,4212	59,81	60,84	60,89	61,23	61,72
	3402	adjustiert	1,0000	60,93	61,02	60,70	60,98	61,35
LDL-Cholesterin (mg/dl)	3500	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	111,32	<b>121,04*</b>	121,61	123,17	123,73
	3403	adjustiert	1,0000	118,87	124,03	122,47	120,80	119,05
Triglyzeride (mg/dl)	3500	nicht adjustiert	<b>0,0054</b>	97,95	<b>109,52*</b>	107,36	113,20	117,16
	3403	adjustiert	1,0000	105,92	112,98	107,86	111,48	110,68

Q = Quintil. Die mittels t-Test berechnete Signifikanz der Mittelwertdifferenz, bezieht sich jeweils auf die Differenz zwischen dem markierten und dem vorherigen Quintil. Zur Neutralisierung einer  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung wurde eine Bonferroni-Korrektur vorgenommen. Die Signifikanzniveaus sind: \*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,0001. Als Ergebnis der mittels t-Test berechneten Mittelwertdifferenz zwischen den Extremen Q1 und Q5 wird der p-Wert nach Bonferroni-Korrektur dargestellt. Rot markierte Ergebnisse sind signifikant. Bei Adjustierung wurden die Mittelwerte für die kategorialen Variablen Alter, Aktivität, Rauchen und Saison der Datenerhebung korrigiert.

### 5.3.4 Nährstoffe

Bei den Männern gibt es ausschließlich bei den nicht adjustierten Biomarkern Ferritin und Folsäure eine signifikant ansteigende Mittelwertdifferenz zwischen den Extremen Quintil 1 und 5. Bei den Frauen zeigt sich für die Biomarker Ferritin, Folsäure und die zweite Vitamin B<sub>12</sub> Messwelle ein signifikanter Anstieg der nicht adjustierten Mittelwerte der Extreme Quintil 1 und 5. Für weibliche Studienteilnehmer wird zudem für die nicht adjustierten Mittelwerte des Biomarkers Ferritin ein statistisch signifikanter Anstieg zwischen dem 1. und dem 2. Quintil deutlich. Für die adjustierten Mittelwerte des Ferritins zeigt sich ebenfalls ein statistisch signifikanter Anstieg zwischen Quintil 1 und 2 sowie eine signifikante Verringerung zwischen Quintil 2 und 3. Bei Männern und Frauen steigen die nicht adjustierten Mittelwerte des Ferritins mit zunehmendem Quintil des HEI-DEGS1 an. Nach Adjustierung der Mittelwerte

wird dieser Anstieg jedoch bei beiden Geschlechtern ins Gegenteil umgekehrt. Für Folsäure, Vitamin B<sub>12</sub> und Vitamin D steigen die Mittelwerte nicht adjustiert und adjustiert bei den Männern bis zum 3. Quintil stetig an und verringern sich dann bis zum 5. Quintil wieder. Eine Ausnahme stellt die zweite Messwelle des Vitamin B<sub>12</sub> dar, wo die nicht adjustierten Werte im 5. Quintil wieder leicht ansteigen. Im Gegensatz zu den Männern steigen bei den Frauen die Mittelwerte für Folsäure und Vitamin B<sub>12</sub> sowohl nicht adjustiert als auch adjustiert mit zunehmendem Quintil beinahe durchgehend an. Nur die Mittelwerte für Vitamin D tendieren nicht adjustiert zu einer stetigen Verringerung mit ansteigendem Quintil des HEI-DEGS1. Diese Tendenz ist jedoch nach Adjustierung nicht mehr zu erkennen.

**Tabelle 8: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des Nährstoffstatus gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Männer)**

Biomarker mit analytischer Einheit	n	Adjustierung	Q1 vs. Q5	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Ferritin (ng/ml)	3225	nicht adjustiert	<b>0,0103</b>	163,46	171,48	178,68	187,92	197,71
	3139	adjustiert	1,0000	182,11	174,45	174,09	169,38	178,60
Folsäure (ng/ml)	3224	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	7,47	7,80	8,26	8,14	8,13
	3138	adjustiert	0,3148	7,58	7,93	8,21	8,18	8,07
Vitamin B <sub>12</sub> I (pg/ml)	878	nicht adjustiert	1,0000	304,37	306,78	340,90	323,30	304,44
	853	adjustiert	1,0000	303,00	305,54	340,13	325,29	306,40
Vitamin B <sub>12</sub> II (pg/ml)	2346	nicht adjustiert	1,0000	388,46	390,79	411,91	394,97	394,72
	2285	adjustiert	1,0000	381,30	388,63	413,14	396,54	400,29
Vitamin D (nmol/l)	3210	nicht adjustiert	1,0000	44,53	45,32	47,01	45,32	44,81
	3125	adjustiert	1,0000	45,27	45,64	46,44	45,57	44,01

Q = Quintil. Die mittels t-Test berechnete Signifikanz der Mittelwertdifferenz, bezieht sich jeweils auf die Differenz zwischen dem markierten und dem vorherigen Quintil. Zur Neutralisierung einer  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung wurde eine Bonferroni-Korrektur vorgenommen. Die Signifikanzniveaus sind: \*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,0001. Als Ergebnis der mittels t-Test berechneten Mittelwertdifferenz zwischen den Extremen Q1 und Q5 wird der p-Wert nach Bonferroni-Korrektur dargestellt. Rot markierte Ergebnisse sind signifikant. Bei Adjustierung wurden die Mittelwerte für die kategorialen Variablen Alter, Aktivität, Rauchen und Saison der Datenerhebung korrigiert.

**Tabelle 9: Nicht adjustierte und adjustierte Mittelwerte der Biomarker des Nährstoffstatus gemäß der Quintile des HEI-DEGS1 (Frauen)**

Biomarker mit analytischer Einheit	n	Adjustierung	Q1 vs. Q5	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Ferritin (ng/ml)	3501	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	50,54	<b>76,38***</b>	69,42	82,32	86,72
	3404	adjustiert	1,0000	71,79	<b>84,96*</b>	<b>70,96*</b>	74,44	73,33
Folsäure (ng/ml)	3500	nicht adjustiert	<b>&lt; 0,0001</b>	7,85	8,47	8,82	9,11	9,40
	3403	adjustiert	0,1534	8,31	8,64	8,84	8,85	9,15
Vitamin B <sub>12</sub> I (pg/ml)	893	nicht adjustiert	0,3884	292,37	325,54	314,94	349,49	366,31
	865	adjustiert	1,0000	312,47	324,91	317,54	343,43	335,59
Vitamin B <sub>12</sub> II (pg/ml)	2607	nicht adjustiert	<b>0,0002</b>	362,32	374,73	387,76	417,26	423,99
	2538	adjustiert	0,0577	373,77	379,07	391,84	408,11	416,18
Vitamin D (nmol/l)	3470	nicht adjustiert	0,2834	48,27	47,97	45,80	45,95	43,72
	3376	adjustiert	1,0000	45,88	46,31	45,39	46,81	46,08

Q = Quintil. Die mittels t-Test berechnete Signifikanz der Mittelwertdifferenz, bezieht sich jeweils auf die Differenz zwischen dem markierten und dem vorherigen Quintil. Zur Neutralisierung einer  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung wurde eine Bonferroni-Korrektur vorge-

nommen. Die Signifikanzniveaus sind: \*p < 0,05; \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,0001. Als Ergebnis der mittels t-Test berechneten Mittelwertdifferenz zwischen den Extremen Q1 und Q5 wird der p-Wert nach Bonferroni-Korrektur dargestellt. Rot markierte Ergebnisse sind signifikant. Bei Adjustierung wurden die Mittelwerte für die kategorialen Variablen Alter, Aktivität, Rauchen und Saison der Datenerhebung korrigiert.

Es lässt sich zusammenfassen, dass sich für die meisten Biomarker des kardiovaskulären Status ein Anstieg der nicht adjustierten Mittelwerte bei ansteigenden Index-Quintilen finden lässt. Dieser positive Zusammenhang wird nach Adjustierung (außer für das HbA1c, die Glukose und das HDL-Cholesterin bei den Frauen) entweder umgekehrt oder aber vollständig nivelliert. Nach Adjustierung besteht bei den Männern ausschließlich für den diastolischen Blutdruck zwischen den Extremen Quintil 1 und 5 eine signifikante Abnahme der Mittelwerte. Bei den Frauen bleibt nach Adjustierung ein signifikanter Anstieg der Mittelwerte zwischen Quintil 1 und 5 sowie zwischen Q1 und 2 für das HbA1c bestehen. Die Biomarker des Nährstoffstatus zeigen nicht adjustiert und adjustiert eher einen Anstieg der Werte mit zunehmendem Quintil, der bei den Männern meist nur bis zum 3. Quintil besteht und sich dann in eine Verringerung der Werte umkehrt. Eine Ausnahme bildet das Ferritin, bei dem nach Adjustierung eher eine Verringerung der Biomarkerkonzentrationen besteht. Zudem zeigt das Vitamin D nicht adjustiert für Frauen eher eine Abnahme bei zunehmendem Quintil, die nach Adjustierung nicht mehr zu finden ist. Zwischen einigen Quintilen des HEI-DEGS1 können zudem signifikante Mittelwertdifferenzen für einzelne Biomarker gefunden werden. Die Mittelwertdifferenzen sind dabei häufiger bei den Frauen als bei den Männern vorhanden.

Im Vergleich mit den Referenzwerten, liegen die meisten Ergebniswerte der Biomarker innerhalb des für sie geltenden Referenzbereiches (siehe Anhang B). Nur bei vier Parametern wird der Referenzbereich unter- bzw. überschritten. Von den Referenzwerten abweichende Ergebniswerte in Form einer Überschreitung finden sich für Männer in Quintil 2, 4 und 5 bei nicht-adjustiertem Gesamtcholesterin sowie adjustiert bei Quintil 2. Nicht adjustiert überschreiten die Männer zudem den Referenzwert für Triglyzeride im 5. Quintil. Bei den Frauen hingegen wird außer im 1. nicht-adjustierten Quintil der Referenzbereich für das Gesamt- und HDL-Cholesterin überschritten. Beide Geschlechter unterschreiten in allen Quintilen im Mittel den für Vitamin D geltenden Referenzbereich von 50 bis 150 nmol/l.

## 6 Diskussion

### 6.1 Ergebnisdiskussion

Beim Vergleich der Ernährung mit den Empfehlungen der DGE für die erwachsene deutsche Bevölkerung kann zusammengefasst werden, dass die Ernährung der erwachsenen deutschen Bevölkerung ausschließlich für die Lebensmittelgruppen Getränke, Nüsse und Eier mehrheitlich den Empfehlungen der DGE entspricht. Für die Mehrheit der Lebensmittelgruppen gilt jedoch, dass die Empfehlungen nicht erreicht bzw. überschritten werden. Für Frauen ist die Übereinstimmung der Ernährung mit den Empfehlungen etwas besser als für Männer. Es besteht nichtsdestoweniger insgesamt für beide Geschlechter ein großes Potential zur Verbesserung der Ernährungsqualität.

Detailliertere repräsentative Daten zu den Verzehrmenen einzelner Lebensmittelgruppen der deutschen erwachsenen Bevölkerung wurden mit dem ersten Bericht der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) durch das MRI erhoben (MRI und Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, 2008). Die Ergebnisse zum Lebensmittelverzehr der NVS II-Teilnehmer basierten auf 15 371 kontrollierten Interviews (Diet History Interview zur Ernährung der letzten vier Wochen) von November 2005 bis November 2006. Die Erhebung der Verzehrdaten erfolgte mit einer für die NVS angepassten Version des Ernährungserhebungsprogrammes DISHES (Diet Interview Software for Health Examination Studies), das vom RKI entwickelt und bereits im BGS98 eingesetzt wurde. Anhand der Ergebniswerte der NVS II in Form von arithmetischen Mittelwerten für die verschiedenen Lebensmittelgruppen, kann festgestellt werden, dass insgesamt ein Großteil der Teilnehmer die Empfehlungen der DGE nicht erreicht. Dies entspricht auch den Ergebnissen, die in DEGS1 gefunden werden konnten. In der NVS II werden die Empfehlungen der DGE ausschließlich für die Lebensmittelgruppen Getränke, Eier und Fett getroffen. Bei den Lebensmittelgruppen Gemüse, Nüsse, Käse und Fisch hingegen liegt die mittlere Verzehrmenge unterhalb der Empfehlungen. In einigen Lebensmittelgruppen unterscheiden sich Männer und Frauen in ihren Verzehrmenen voneinander und kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Für die Lebensmittelgruppen Obst, Milch und Fleisch werden die Empfehlungen von den Frauen, nicht aber von den Männern erreicht. Für die Lebensmittelgruppen Getreide und Beilagen wiederum werden die Empfehlungen von den Männern, nicht aber von den Frauen erreicht. Deutlich überschritten werden die Empfehlungen für Süßigkeiten und Snacks sowie für zuckerhaltige Erfrischungsgetränke. Zum reinen Alkoholverzehr gibt es im ersten Bericht zur NVS II keine Daten.

Im Groben entsprechen die Ergebnisse der NVS II damit den Ergebnissen zum Lebensmittelverzehr in DEGS1. Folgende Abweichungen sind jedoch feststellbar: In DEGS1 liegen beide Geschlechter mit ihrem Obst-, Getreide- Beilagen und Fettverzehr mehrheitlich unterhalb der Empfehlungen. Die Empfehlung zum Verzehr von Milch und Milchprodukten wird in



DEGS1 nur von einem sehr geringen Anteil der Studienteilnehmer getroffen. Mehrheitlich liegt der Verzehr unterhalb oder oberhalb der Empfehlung. In DEGS1 überschreiten Männer und Frauen zudem mehrheitlich die empfohlene Verzehrmenge bezüglich Fleisch und Wurst. Es ist zu beachten, dass in der NVS II und in DEGS1 unterschiedliche Ernährungserhebungsmethoden angewandt wurden, wobei die Ernährungserhebung in der NVS II mittels kontrolliertem Interview als genauer einzuschätzen ist als der FFQ in DEGS1. Dies beruht darauf, dass es sich beim FFQ um ein semi-quantitatives Instrument handelt, das die Verzehrmenen nur annäherungsweise wieder spiegeln kann. Dennoch ähneln sich die Ergebnisse beider Studien im Groben.

Die Ergebnisse zur Ernährungsqualität Erwachsener in Deutschland an Hand des HEI-DEGS1 zeigen, dass die Ernährungsqualität von großer Vielfalt geprägt ist, was vor allem die große Spannweite der Punktwerte des HEI-DEGS1 veranschaulicht. Die Ernährungsqualität von Frauen ist durchweg besser als die der Männer. Eine Bewertung der Ernährungsqualität mittels Ernährungsindex erfolgte neben der vorliegenden Arbeit bereits durch den HEI-EPIC (Healthy Eating Index zur EPIC-Potsdam Studie, European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition) (Rüsten *u. a.*, 2009). Der Index, der sich ebenfalls an deutschen Empfehlungen zum Lebensmittelverzehr orientiert, dient der Bewertung der Ernährungsqualität von Teilnehmern der EPIC-Potsdam-Studie mit einem Alter über 65 Jahren. Er basiert auf Angaben zur Ernährung, die mittels FFQ zum Lebensmittelverzehr der letzten zwölf Monate zwischen 2002 und 2004 erhoben wurden. Im Unterschied zum HEI-DEGS1 erfolgte die Einteilung der Lebensmittelgruppen in Anlehnung an die Gruppierung der Lebensmittel in der Aid-Ernährungspyramide. Die maximal erreichbare Punktzahl des Index betrug 80 Punkte. Durch das Überschreiten der Empfehlung konnten für die Lebensmittelgruppen Getränken, Gemüse und Obst zudem 30 Zusatzpunkte vergeben werden. Der Punktwert des HEI-EPIC lag bei den Männern im Mittel bei 54,9 und bei den Frauen im Mittel bei 59,8 Punkten. Da für die Punktwerte des HEI-EPIC eine andere Skala verwendet wurde als für den HEI-DEGS1, ist kein direkter Vergleich der Ergebniswerte möglich. Jedoch lässt sich schlussfolgern, dass die Ernährungsqualität der Teilnehmer der EPIC-Studie besser ist als die der Teilnehmer in DEGS1. Ursache für diesen Unterschied, ist möglicherweise das höhere Alter der Studienpopulation in der EPIC-Studie, denn i.d.R. geht ein höheres Alter mit einer höheren Ernährungsqualität einher.

Die Analyse zum HEI-DEGS1 und möglicher bestimmender Determinanten zeigt: eine bessere Ernährungsqualität ist assoziiert mit dem weiblichen Geschlecht, höherem Alter, BMI, WHR und SES, Ex- bzw. Nichtraucher, verheirateten zusammenlebenden und verwitweten Teilnehmern. Für die Frauen zeigt sich zudem eine bessere Ernährungsqualität bei gesteigerter körperlicher Aktivität. Auch andere Studien zeigen übereinstimmend mit den Ergeb-

nissen der vorliegenden Arbeit, dass die Ernährungsqualität von Frauen besser ist, als die von Männern (Kant und Graubard, 2005). Mögliche Ursache hierfür könnte das größere Interesse von Frauen für Themen wie Gesundheit und Ernährung sein. Zudem halten Frauen häufiger als Männer Diäten, um ihr Gewicht zu reduzieren und verfügen über ein höheres Maß an Kochkompetenz (Krems, 2009). Die vorliegende Studie zeigt darüber hinaus, dass Frauen im Vergleich zu Männern mehr Gemüse und deutlich mehr Obst sowie deutlich weniger Fleisch und Wurst, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltige Getränke und Alkohol konsumieren (siehe Abbildungen 3 bis 6 und Anhang H).

Eine Zunahme der Ernährungsqualität mit zunehmendem Alter, geringerem Tabakkonsum und höherer körperlicher Aktivität wurde in vergleichbaren Studien ebenfalls festgestellt (Hann *u. a.*, 2001; Kant und Graubard, 2005; Fagnoli *u. a.*, 2008; Drewnowski *u. a.*, 2009; Ruesten *u. a.*, 2010). Es scheint, dass die Ernährung mit zunehmendem Alter verstärkt in den Fokus der Menschen rückt und ein gesünderes Ernährungsverhalten begünstigt. So essen in DEGS1 ältere Menschen im Vergleich zu jüngeren zum einen mehr Gemüse und Obst und zum anderen weniger Fleisch und Wurst, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltige Getränke und Alkohol (Daten nicht dargestellt). Dies belegen auch Daten der NVS II (MRI und Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, 2008). Studien belegen, dass Rauchen in enger Verbindung mit ungesünderen Ernährungsmustern und einer ungesünderen Nährstoffzufuhr steht (Dallongeville *u. a.*, 1998). Dies bestätigen die Verzehrdaten der Teilnehmer in DEGS1, die zeigen, dass Nieraucher im Vergleich zu Rauchern mehr Gemüse und Obst, weniger Milch und Milchprodukte, Fleisch und Wurst essen und weniger zuckerhaltige Getränke trinken (Daten nicht dargestellt). Überdies haben sich vermutlich vor allem Ex-Raucher bewusst für eine gesündere Lebensweise mit einer gesünderen Ernährung entschieden. Allgemein hin wäre es zu vermuten, dass Personen mit erhöhter körperlicher Aktivität sich gesünder ernähren als Personen, die nur geringe körperliche Aktivität aufweisen. Dies kann an Hand der Verzehrdaten in DEGS1 nicht eindeutig bestätigt werden. So essen Personen, die an sechs oder mehr Tagen körperlich aktiv sind im Vergleich zu Personen, die an keinem Tag in der Woche körperlich aktiv sind sogar weniger Gemüse und Obst. Weniger hingegen wird von Süßigkeiten und Snacks sowie bei Männern an zuckerhaltigen Getränken verzehrt (Daten nicht dargestellt).

Einzelne Studien stellen im Gegensatz zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit bei zunehmender Ernährungsqualität einen inversen Zusammenhang der Ernährungsqualität mit dem BMI und WHR dar (Fagnoli *u. a.*, 2008; Drewnowski *u. a.*, 2009). Eine andere Studie wiederum zeigt ausschließlich für den BMI bei Männern einen inversen Zusammenhang mit der Ernährungsqualität und kann darüber hinaus keinen Zusammenhang mit dem WHR feststellen (Ruesten *u. a.*, 2010). Gewicht und damit BMI und WHR steigen mit zunehmendem Alter stetig an (Mensink *u. a.*, 2013). Da ein höheres Alter einhergeht mit einer höheren Er-

nährungsqualität, lassen sich die positiven Zusammenhänge für BMI und WHR möglicherweise auf die bessere Ernährungsqualität im Alter oder andere Einflussfaktoren zurückführen. Unterschiede im Ernährungsverhalten von Personen mit Übergewicht und Adipositas im Vergleich zu Personen mit Normalgewicht liegen in einem höheren Verzehr an Gemüse, Obst und Eiern und einem geringeren Verzehr an zuckerhaltigen Getränken und Süßigkeiten und Snacks (letzteres gilt nur für die Frauen). Personen mit Adipositas verzehren zudem im Vergleich zu Normalgewichtigen mehr Getreide, Beilagen sowie Milch und Milchprodukte. Bei Personen mit großem WHR unterscheidet sich die Ernährung im Vergleich zu Personen mit geringem WHR ebenfalls durch einen höheren Verzehr an Gemüse und Obst sowie einem höheren Verzehr an Getreide und bei den Frauen an Beilagen und Eiern. Ein geringerer Verzehr besteht für die Lebensmittelgruppen Süßigkeiten und Snacks sowie zuckerhaltige Getränke (Daten nicht dargestellt).

Übereinstimmend mit den Ergebnissen der durchgeführten Analysen, findet auch die NVS II für Personen mit niedrigerem sozialen Status ungesündere Ernährungsmuster im Vergleich zu Personen mit höherem sozialen Status. Demnach kann ein niedriger Sozialstatus assoziiert werden mit einem geringeren Verzehr an Gemüse und Obst (Bolton-Smith *u. a.*, 1991; Ball *u. a.*, 2004; Beydoun und Wang, 2008; MRI und Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, 2008) sowie mit einem höheren Konsum an Limonaden (MRI und Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, 2008). Dies bestätigen auch die Verzehrdaten in DEGS1, die überdies bei höherem SES einen geringeren Verzehr an Eiern, Fleisch und Wurst sowie an Süßigkeiten und Snacks belegt (Daten nicht dargestellt). Die Gründe für die schlechtere Ernährungsqualität bei niedrigem Sozialstatus sind zahlreich. Fehlende finanzielle Ressourcen führen häufig zum Verzehr von kostengünstigen Lebensmitteln, die eine höhere Energiedichte besitzen und eher ungesund sind (Drewnowski und Specter, 2004). Zudem spielen weitere Faktoren wie die Auswahl an Lebensmittelgeschäften im Wohnumfeld (Morland, Wing und Diez Roux, 2002), Arbeitslosigkeit in Verbindung mit Stress (Laitinen, Ek und Sovio, 2002) sowie ein geringeres Wissen über Ernährung eine Rolle (Beydoun und Wang, 2008) für die schlechte Ernährungsqualität von Menschen mit niedrigem Sozialstatus.

Eine erhöhte Ernährungsqualität Verheirateter im Vergleich zu Geschiedenen, Verwitweten oder getrennten Teilnehmern, wie sie in einer Studie gefunden werden konnte (Hann *u. a.*, 2001), zeigt der HEI-DEGS1 mit Ausnahme von verwitweten Männern ebenfalls. Möglicherweise beruht dies darauf, dass bei verheirateten Personen das Zusammenleben in einem gemeinsamen Haushalt mehr Zeitraum für einen überlegten Lebensmitteleinkauf und die Zubereitung gesunder Lebensmittel schafft. Zudem kann das Zusammenleben bedeuten, dass mehr Geld für gesunde Lebensmittel zur Verfügung steht.

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen HEI-DEGS1 und Biomarkern des kardiovaskulären Status zeigt für beide Geschlechter ohne Adjustierung einen verhältnismäßig starken und beinahe kontinuierlichen Anstieg des HbA<sub>1c</sub> und der Glukose. Bei den Frauen zeigt sich dieser Trend auch für das adjustierte HbA<sub>1c</sub> und den adjustierten Glukosewert. Andere Studien zu verschiedenen Ernährungsindices ergeben für den HbA<sub>1c</sub> und die Blutglukose hingegen bei zunehmender Ernährungsqualität eine Abnahme der Serumkonzentrationen (Kant und Graubard, 2005; Fargnoli *u. a.*, 2008). Dies kann an Hand der DEGS1-Daten nur für die Männer bestätigt werden. Ein erhöhter HbA<sub>1c</sub>- und Blutglukosewert kann in Verbindung gebracht werden mit einer Ernährungsweise, die wenig Vollkornprodukte und Ballaststoffe enthält (Salmerón *u. a.*, 1997). Dies beruht darauf, dass Lebensmittel mit einer erhöhten glykämischen Last zu einem schnellen Blutzuckeranstieg führen. Langfristig steigt dadurch das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und Diabetes (Liu *u. a.*, 2000). Möglicherweise lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit darauf zurückzuführen, dass der HEI-DEGS1 zugeführte Vollkornprodukte und Ballaststoffe nicht im Einzelnen berücksichtigt. Auf Grund des Bewertungssystems des HEI-DEGS1, bei dem jede Lebensmittelgruppe zu gleichem Anteil miteinfließt, ist es möglich, dass trotz einer vergleichsweise guten Ernährungsqualität, die Verzehrmenge an Süßigkeiten und Snacks sowie zuckerhaltigen Erfrischungsgetränken deutlich zu hoch ausfällt und einen erhöhten HbA<sub>1c</sub> und Blutglukosewert begünstigt (Daten nicht dargestellt). Dass für den Biomarker Insulin keine signifikant negativen Zusammenhänge gefunden werden können, entspricht auch anderen Studien (Fung *u. a.*, 2001; Kant und Graubard, 2005), wobei einige andere Studien wiederum bei zunehmender Ernährungsqualität eine signifikante Abnahme der Insulinkonzentration finden konnten (Fargnoli *u. a.*, 2008; Huang *u. a.*, 2016).

Für Männer zeigen die durchgeführten Analysen einen Trend für eine Verringerung des adjustierten systolischen und diastolischen Blutdrucks bei zunehmendem Quintil des HEI-DEGS1. Bei den Frauen hingegen steigen systolischer und diastolischer Blutdruck nicht adjustiert mit zunehmendem Quintil an. Nach Adjustierung hingegen wird dieser Trend eher umgekehrt. Es hat sich gezeigt, dass eine Ernährung gemäß dem DASH-Ansatz (Dietary Approaches to stop Hypertension) reich an Gemüse und Obst, Milchprodukten mit niedrigem Fettgehalt, Lebensmitteln mit reduziertem Gesamtfettgehalt sowie geringem Gehalt an gesättigten Fettsäuren den Blutdruck bedeutend senken kann. Darüber hinaus können eine reduzierte Salz- bzw. Natriumaufnahme sowie ein geringer Alkoholkonsum eine zusätzliche Reduktion des Blutdrucks bewirken (Appel *u. a.*, 1997; Sacks *u. a.*, 2001; Chobanian *u. a.*, 2003; The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC), 2013). Möglicherweise kann ein eindeutiger konstanter inverser Zusammenhang zwischen dem HEI-DEGS1

und dem Blutdruck nicht nachgewiesen werden, da er die Salz-, bzw. Natriumzufuhr, die Gesamtfettzufuhr sowie die Zufuhr gesättigter Fettsäuren bei der Bewertung der Ernährungsqualität nicht berücksichtigt. In einer vergleichbaren Studie konnte ebenfalls eine Verringerung des diastolischen und zudem auch des systolischen Blutdruckwertes für Männer bei steigender Ernährungsqualität nachgewiesen werden. Für Frauen zeigte sich dieser Zusammenhang allein für den systolischen Blutdruck (Mcnaughton *u. a.*, 2009). Eine andere Studie aus dem Jahr 2012 berichtet, dass für Männer und Frauen der diastolische Blutdruck bei zunehmender Ernährungsqualität signifikant sinkt. Es konnte jedoch weder in dieser, noch in einer weiteren Studie eine signifikante Beziehung zum systolischem Blutdruck gezeigt werden (Toft *u. a.*, 2007; Nicklas, Neil und Fulgoni, 2012). Beide Studien berücksichtigen bei der Bewertung der Ernährungsqualität die Salz-, bzw. Natrium sowie die Zufuhr an gesättigten Fettsäuren. In einer Studie zu drei unterschiedlichen Ernährungsindices, war der Healthy Eating Index als einziger Index nicht negativ mit systolischem und diastolischem Blutdruck assoziiert (Kant und Graubard, 2005). Es zeigt sich, dass die bisherige Datenlage hier recht inhomogen ist und keine Schlussfolgerung eines eindeutigen Zusammenhangs in eine bestimmte Richtung zulässt.

Für das Gesamt- und LDL-Cholesterin und die Triglyzeride zeigt sich für beide Geschlechter eine beinahe stetige Tendenz zu einem Anstieg der nicht adjustierten Biomarker mit zunehmendem Quintil. Nach Adjustierung wird der Anstieg ins Gegenteil umgekehrt oder es kann kein Zusammenhang mehr gefunden werden. Für das HDL-Cholesterin zeigt sich allein für die Frauen eine ansteigende Tendenz bei steigendem Quintil. Eine teilweise Übereinstimmung mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit zeigt sich für eine Studie von Weinstein, Vogt und Gerrior aus dem Jahr 2004. Die Zusammenhanganalysen zwischen Healthy Eating Index und Serumlipiden erfolgten an Hand von Teilnehmern einer großen US-Studie, der NHANES III (National Health and Nutrition Examination Survey). Keines der Serumlipide korrelierte mit dem Ernährungsindex. Jedoch zeigte sich für das nicht adjustierte Gesamt-, LDL- und HDL-Cholesterin sowie die Triglyzeride eine beinahe konstante Tendenz für eine ansteigende Konzentration der Biomarker bei zunehmender Ernährungsqualität (Weinstein, Vogt und Gerrior, 2004). Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse weiterer Studien zu anderen Ernährungsindices. Der Food Frequency Index von Freisling *et al.* und der Diet Quality Score von Toft *et al.*, ergeben bei ansteigender Ernährungsqualität geringere LDL- und höhere HDL-Konzentrationen (außer im multivariaten Modell). Für das Gesamtcholesterin ergibt der Food Frequency Index keinen eindeutigen Zusammenhang, wohingegen der Diet Quality Score bei zunehmender Ernährungsqualität eine signifikante Abnahme des Gesamtcholesterins sowie der Triglyzeride offenbart (Toft *u. a.*, 2007; Freisling *u. a.*, 2009). Eine neuere Studie von Sonestedt *et al.* untersuchte Zusammenhänge zwischen einem Diet

Quality Index und Veränderungen der Serumlipide über einen Zeitraum von 16 Jahren. Für die Basiserhebung konnte mit einer Ausnahme kein signifikanter Zusammenhang zwischen den adjustierten Serumlipiden und der Ernährungsqualität festgestellt werden. Allein für Frauen zeigte sich für das HDL-Cholesterin eine signifikante Konzentrationszunahme bei ansteigender Ernährungsqualität. Abgesehen vom HDL-Cholesterin entsprechen diese Ergebniswerte dem Zusammenhang des HEI-DEGS1 mit den adjustierten Serumlipiden. Zu Ende des Studienzeitraumes jedoch, nach Ausschluss von Personen mit Veränderungen der Ernährungsqualität, stellten Sonestedt et al. fest, dass Teilnehmer mit einer hohen Ernährungsqualität im Vergleich zu Teilnehmern mit geringer Ernährungsqualität eine stärkere Abnahme der Triglyzerid-Konzentration und LDL-Cholesterinkonzentration aufwiesen (Sonestedt *u. a.*, 2016).

Erhöhte Konzentrationen der Serumlipide Gesamt- und LDL-Cholesterin und Triglyzeride sowie niedrige HDL-Konzentrationen, können kardiovaskuläre Erkrankungen begünstigen (Derosa und Maffioli, 2016). Da sie durch die Ernährung grundlegend beeinflusst werden (Grundy und Denke, 1990), erscheint es nicht schlüssig, dass für Frauen ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen Ernährungsqualität und dem Gesamt- und LDL-Cholesterin und den Triglyzeriden gefunden werden kann. Jedoch wird der gefundene Effekt augenscheinlich stark von anderen Merkmalen der Studienteilnehmer beeinflusst, da er nach der Adjustierung der Biomarker für das Alter, Aktivität und Rauchen nicht mehr nachgewiesen werden kann. Im Gegenteil, adjustiert deuten die Mittelwerte für das Gesamt- und LDL-Cholesterin trotz fehlender Signifikanz eher auf einen negativen Zusammenhang hin und die HDL-Cholesterinwerte eher auf einen positiven Zusammenhang. Diese Tendenzen erscheinen deshalb schlüssiger, weil eine bessere Ernährungsqualität mit einem höheren Verzehr an Obst und Gemüse und einem geringeren Verzehr an Fleisch und Süßigkeiten und Snacks assoziiert wird. So berichtet eine Metaanalyse von Wang et al. aus dem Jahr 2015 davon, dass eine vegetarische Ernährungsweise die Serumkonzentrationen an Gesamt-, LDL- und HDL-Cholesterin effektiv senken kann. Als zu Grunde liegender Mechanismus dieser Beobachtung wird angeführt, eine vegetarische Ernährungsweise beinhalte meist eine geringe Zufuhr an Cholesterin, Gesamtfett und gesättigte Fettsäuren, wodurch im Darm eine verminderte Absorption stattfindet. Zudem sei eine vegetarische Ernährung verbunden mit einer hohen Zufuhr an Ballaststoffen und gesundheitsförderlichen sekundären Pflanzenstoffen wie Phytosterinen, Saponinen und Sulfiden aus Obst und Gemüse, Vollkornprodukten, Hülsenfrüchten und Nüssen, die sich durch verschiedene Mechanismen vorteilhaft auf die Serumlipidkonzentrationen auswirken. Studien haben gezeigt, dass eine vegetarische Ernährung zwar ebenfalls das HDL-Cholesterin verringert, wodurch das kardiovaskuläre Risiko i.d.R. erhöht wird, doch konnte für Vegetarier kein schlechterer kardiovaskulärer Gesundheitszustand gefunden werden (Wang *u. a.*, 2015). Es ist zudem denkbar, dass sowohl für Männer,

als auch für Frauen keine signifikante inverse Beziehung des HEI-DEGS1 zu den Plasmalipiden gefunden werden kann, da dieser den Fettgehalt von Milch und Milchprodukten nicht berücksichtigt. In Studien hat sich gezeigt, dass der Einfluss von Milchprodukten auf die Konzentration der Plasmalipide u.a. abhängig von der zugeführten Menge sowie dem Fettgehalt ist. Da Milchprodukte einen verhältnismäßig hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren, z.B. in Form von Palmitinsäure aufweisen, können sie die LDL-Cholesterin-Plasmakonzentration erhöhen (Grundy und Denke, 1990; Ohlsson, 2010). Ebenfalls möglich ist, dass manche Teilnehmer erhöhte LDL-Konzentrationen im Serum aufweisen, da die Aktivität ihrer LDL-Rezeptoren verringert ist (Grundy und Denke, 1990). Dass die Zusammenhänge der Serumlipide mit der Ernährungsqualität für Männer wesentlich verhaltenere Effekte zeigen, geht evtl. darauf zurück, dass Männer deutlich mehr Fleisch konsumieren als Frauen (siehe Abbildung 3 und 4 sowie Anhang H), wodurch Unterschiede zwischen den Quintilen des Ernährungsindex nivelliert werden. Evtl. resultieren die deutlich höheren Triglyzeridwerte der Männer auf einer erhöhten Zufuhr an Glukose und Fruktose (vor allem durch die übermäßige Zufuhr an zuckerhaltigen Erfrischungsgetränken). Fruktose beispielsweise erhöht die Triglyzeridkonzentration durch die Förderung einer gesteigerten De-novo-Lipogenese in der Leber und die Sekretion von Very-Low-Density-Lipoproteinen sowie eine reduzierte Aktivität der Lipoproteinlipase in den Adipozyten (Johnson *u. a.*, 2009).

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen Biomarkern des kardiovaskulären Status und der Ernährungsqualität ist zu bedenken, dass Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems multikausal sind und sich nicht allein auf die Ernährung zurückführen lassen. Weitere Aspekte, die nicht berücksichtigt wurden, aber in Zusammenhang mit der kardiovaskulären Gesundheit stehen (z.B. die Genetik und psychosoziale Faktoren sowie weitere Lebensgewohnheiten), könnten die Ergebnisse beeinflusst haben.

Für die Biomarker des Nährstoffstatus zeigen sich einige Studien übereinstimmend mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, andere hingegen widersprechen ihnen. Bestehende Studien konnten keinen Zusammenhang zwischen Ferritin und der Ernährungsqualität feststellen (Weinstein, Vogt und Gerrior, 2004; Fargnoli *u. a.*, 2008). Im Gegensatz dazu konnten einige Studien für Folsäure einen Anstieg der Serumkonzentration bei zunehmender Ernährungsqualität finden (Hann *u. a.*, 2001; Weinstein, Vogt und Gerrior, 2004; Kant und Graubard, 2005; Wong *u. a.*, 2014). Eine Studie von Neuhouser et al. wiederum kommt zu dem Schluss, dass es zwischen der Ernährungsqualität und Folsäure keinen Zusammenhang gibt (Neuhouser *u. a.*, 2003). Ebenfalls können einige Studien keinen Zusammenhang der Ernährungsqualität und den Biomarkern Vitamin B<sub>12</sub> und Vitamin D finden (Neuhouser *u. a.*, 2003; Weinstein, Vogt und Gerrior, 2004; Wong *u. a.*, 2014). Dem entgegenstehend zeigen einige Studien signifikante Zusammenhänge für Vitamin B12 und Vitamin D bei an-

steigender Ernährungsqualität (Freisling *u. a.*, 2009; Vyncke *u. a.*, 2013). Lebensmittel tierischer Herkunft sind die Hauptquelle von Häm-Eisen, dem Vorläufer von Ferritin. In der Studienpopulation von DEGS1 ist der Fleischkonsum sehr hoch. Da ein zu hoher Fleischkonsum zu einem geringeren Punktwert des HEI-DEGS1 führt, ist der Fleischverzehr in den unteren Quintilen adjustiert höher als in den höheren Quintilen (siehe Anhang H). Dies bedeutet, dass in den unteren Quintilen höhere Ferritinwerte erreicht werden. Bei den Frauen ist dieser Effekt evtl. nicht so stark ausgeprägt wie bei den Männern, da sie insgesamt weniger Fleisch essen, als Männer. Im Vergleich zu Frauen haben Männer über alle Quintile des HEI-DEGS1 hinweg deutlich höhere Ferritin-Konzentrationen. Dies kann darauf zurückgehen, dass Männer einen deutlich höheren Fleischkonsum aufweisen als Frauen. Zudem ist die Ferritin-Konzentration bei Frauen vor der Menopause auf Grund der monatlichen Menstruationsblutung deutlich niedriger als bei Frauen nach der Menopause. Auf Grund dessen steigt die Ferritin-Konzentration bei Frauen mit zunehmendem Alter an (Galan *u. a.*, 1998). Die positiven Zusammenhänge zwischen dem Ernährungsindex und der Folsäure könnten darauf zurückgehen, dass Gemüse und Obst, als Hauptquelle für Folsäure, in die Berechnung des Index miteingehen und mit zunehmendem Quintil in größeren Mengen verzehrt werden (Daten nicht dargestellt). Die Hauptnahrungsquellen für Vitamin B<sub>12</sub> sind tierische Lebensmittel wie Fleisch und Milch und Milchprodukte (O'Leary und Samman, 2010). Da die Zufuhr an Milch und Milchprodukten beim Großteil der Studienpopulation entweder recht niedrig oder recht hoch ist (siehe Tabellen 3 und 4) und dies in die Berechnung des Index miteingeht, könnten die positiven Zusammenhänge des Vitamin B<sub>12</sub> mit dem Ernährungsindex ebenfalls darauf zurückgehen.

Dass für Vitamin D kein eindeutiger Zusammenhang zur Ernährungsqualität gefunden werden kann, beruht vermutlich darauf, dass Vitamin D unter normalen Lebensbedingungen bei regelmäßiger Sonnenexposition zu etwa 80 bis 90 % in der Haut synthetisiert wird und nur 10 bis 20 % des Vitamin D mit der Nahrung zugeführt werden (Heseker, Stahl und Strohm, 2012; Brigelius-Flohe, 2014a). Somit kommt der UVB-Strahlung ein bedeutenderes Gewicht bei der Vitamin D Zufuhr zu als der Ernährung. Insbesondere Männer und Frauen im obersten sowie Männer im untersten Quintil weisen deutlich niedrige Vitamin D-Konzentrationen auf, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass sie sich weniger im Freien aufhalten als Teilnehmer in Quintilen mit höherer Vitamin D-Konzentration. Die individuelle Sonnenlichtexposition wurde in DEGS1 jedoch nicht erfasst und konnte deshalb nicht berücksichtigt werden. Die stellvertretend erfasste Saisonalität der Datenerfassung stellt dem Augenschein nach zudem keinen adäquaten Ersatzparameter der Sonnenlichtexposition dar, da die Vitamin D-Werte auch nach Adjustierung keine eindeutige Tendenz aufweisen.



Die einzelnen dargestellten Ergebnisse aus anderen Studien, lassen sich kaum miteinander vergleichen. Dies beruht zunächst einmal darauf, dass die Ernährungsqualität jeweils auf verschiedenartigen Indices beruht, die unterschiedliche Lebensmittel beinhalten und diese zudem unterschiedlich bewerten. Weiterhin wurden die Studien an unterschiedlichen Populationen durchgeführt, die sich hinsichtlich ihrer Ernährung und weiterer Merkmale deutlich voneinander unterscheiden. Zudem wurden in vergleichbaren Studien andere statistische Analysen und Adjustierungsmodelle angewandt, als in der vorliegenden Arbeit. Auf Grund dessen zeigen diese natürlich auch keine signifikanten Mittelwertdifferenzen, die verglichen werden könnten. Jedoch beweisen die gefundenen Mittelwertdifferenzen der durchgeführten Analysen, dass der HEI-DEGS1 geeignet ist, um einzelne signifikante Gruppenunterschiede sowie signifikante Unterschiede der Extreme Quintil 1 und 5 aufzuspüren.

Durch den Vergleich der Ergebniswerte der Biomarker mit den für sie geltenden Referenzbereichen, kann insgesamt festgestellt werden, dass die Studienteilnehmer ein weitestgehend verhältnismäßig gesundes Biomarkerprofil aufweisen. Die abweichenden Werte durch Überschreitungen der Grenzwerte für die Serumlipide Gesamt- und HDL-Cholesterin sowie die Triglyzeride, stehen möglicherweise in Zusammenhang mit einer erhöhten Zufuhr an Fleisch, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltigen Erfrischungsgetränken und Alkohol.

## 6.2 Methodenkritik

Das Querschnittsstudiendesign von DEGS1 ermöglicht eine Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes der Stichprobe, bei der Häufigkeiten von Risikofaktoren und Ergebnisvariablen abgebildet werden können. Im Vergleich zu anderen epidemiologischen Studien können Querschnittsstudien je nach Untersuchungsumfang in relativ kurzen Zeiträumen an großen Stichprobenumfängen durchgeführt werden. Querschnittsstudien erfassen Exposition und Ergebnisvariablen wie Prävalenzen von Erkrankungen zum selben Zeitpunkt. Da meist eine erhebliche Zeitspanne zwischen Exposition und Krankheitsausbruch liegt, ist diese Studienform zum Nachweis von Kausalitäten nur bedingt geeignet (Kreienbrock, Pigeot und Ahrens, 2012). So lassen sich im Falle der Zusammenhangsanalyse zwischen der Ernährungsqualität (Exposition) und Biomarkern (Ergebnisvariablen) die Biomarker-Konzentrationen nicht ausnahmslos auf die Ernährungsqualität des beschriebenen Erfassungszeitraumes von vier Wochen zurückführen. Beispielsweise entspricht das HbA<sub>1c</sub> der mittleren Blutglukosekonzentration der letzten zwei bis drei Monate (Kabisch *u. a.*, 2014) und lässt sich nicht ausschließlich auf die Ernährung der letzten vier Wochen zurückführen. Vitamin B<sub>12</sub> kann sogar über Jahre vom Körper gespeichert werden (Stahl und Heseke, 2007). Da der DEGS1-FFQ den Teilnehmern mit der Terminbestätigung zur Studienteilnahme zugesandt wurde (Gößwald *u. a.*, 2013), ist zudem nicht ausgeschlossen, dass zwischen dem Ausfüllen des

Ernährungsfragebogens und der Blutentnahme mehrere Wochen lagen, wodurch Zusammenhänge zwischen Ernährungsqualität und Biomarkern verzerrt werden konnten. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können auf Grund dessen als Hypothesen generiert verstanden werden.

Die Bewertung der im HEI-DEGS1 enthaltenen Lebensmittelgruppen beruht auf der jeweiligen Verzehrmenge des Teilnehmers, die durch das Ernährungserhebungsinstrument FFQ erfasst wurde. Zahlreiche Vorteile des FFQ prädestinieren ihn für die Anwendung bei großen Studienpopulationen wie dem Gesundheitssurvey DEGS1. Der FFQ kann in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum zu relativ geringen Kosten durchgeführt werden (Subar *u. a.*, 2001; Birò *u. a.*, 2002; Mensink und Burger, 2004), sodass die Befragung großer Stichproben möglich ist (Strassburg, 2010). Durch die geringe Belastung der Studienteilnehmer (Birò *u. a.*, 2002; Mensink und Burger, 2004; Strassburg, 2010) besteht eine relativ hohe Compliance (Strassburg, 2010) und dadurch eine hohe Responserate (Mensink und Burger, 2004). Beim FFQ für DEGS1 handelt es sich um einen von den Teilnehmern selbst auszufüllenden Fragebogen. Auf diese Weise wird ein Interviewer-Bias vermieden. Es handelt sich also um eine nicht reaktive Methode (Subar *u. a.*, 2001; Birò *u. a.*, 2002; Mensink und Burger, 2004; Strassburg, 2010). Durch standardisierte Antwortmöglichkeiten und ein hohes Maß an Transparenz, ist eine schnelle Kodierung und einfache Handhabung der Daten möglich (Birò *u. a.*, 2002; Mensink und Burger, 2004).

Neben zahlreichen Vorteilen, bringt der FFQ auch einige Nachteile mit sich. Der FFQ ist ein geschlossenes Instrument. Es wird eine limitierte Lebensmittelliste bestimmter, im Vorhinein festgelegter, Lebensmittel abgefragt, die individuelle Abweichungen nicht erfasst (Strassburg, 2010). Der Ernährungsfragebogen kann demnach nicht detailliert die Ernährungsgewohnheiten der gesamten Bevölkerung abdecken (Mensink und Burger, 2004), sondern er bildet vielmehr die übliche Ernährung einer Studienpopulation ab (Birò *u. a.*, 2002). Spezielle Ernährungsgewohnheiten von Menschen mit bestimmten Erkrankungen (z.B. bei Zöliakie o.ä.) oder von Minderheiten aus anderen Kulturkreisen, die auf Grund von religiösen Gesichtspunkten eine bestimmte Diät einhalten, werden vom FFQ nicht abgebildet. Zudem ist durch die Zusammenfassung von mehreren Lebensmitteln in einer Lebensmittelgruppe eine detaillierte Betrachtung des Verzehrs einzelner Lebensmittel häufig nicht möglich.

Für adäquate Angaben zu Verzehrhäufigkeit und Portionsgröße, wird den Teilnehmern durch die retrospektive Erfassung ein sehr gutes Erinnerungsvermögen abverlangt. Hierbei kann es leicht zu ungenauen Schätzungen kommen (Strassburg, 2010), vor allem, wenn der Erinnerungszeitraum nicht präzise eingeschätzt werden kann (Birò *u. a.*, 2002). Die tatsächliche Lebensmittelaufnahme kann (un)bewusst unter- oder überschätzt werden (Neuhouser *u. a.*, 2003; Kristal, Peters und Potter, 2005). Man spricht hier auch vom Under- und Overreporting

(Strassburg, 2010) durch fehlerhafte Selbsteinschätzung der Ernährungsgewohnheiten. Vor allem Underreporting kann bei der Anwendung des FFQ ein Problem darstellen. So konnte in einer Studie gezeigt werden, dass ca. 30 % der mittels FFQ erhobenen Verzehrsmengen geringer ausfallen als die tatsächliche Verzehrmenge. Konsistent Unterschiede betreffend Under- und Overreporting, konnten gefunden werden zwischen Frauen und Männern sowie Gruppen mit verschiedenem BMI. Frauen neigen demnach eher zum Underreporting als Männer und zudem findet Underreporting häufiger bei Übergewichtigen und Adipösen statt als bei Normalgewichtigen (Smith, Webb und Heywood, 1994; Macdiarmid und Blundell, 1998). Eine der Hauptursachen für Under- und Overreporting ist sozial erwünschtes Verhalten, wodurch das Ernährungsverhalten eines Teilnehmers positiver dargestellt wird, als es ist (Macdiarmid und Blundell, 1998). Das bedeutet, dass von Lebensmitteln, denen positive gesundheitsbezogene Eigenschaften zugeschrieben werden (z.B. Gemüse und Obst) in größeren Mengen berichtet wird, wohingegen für Lebensmittel mit einem negativen Gesundheitsimage (z.B. Süßigkeiten oder Snacks) geringeren Mengen angegeben werden (Macdiarmid und Blundell, 1998). Eine Validationsstudie zum FFQ in DEGS1 im Vergleich mit einem 24-h-Recall, konnte zwar kein systematisches Under- oder Overreporting feststellen, doch da beide Ernährungserhebungsmethoden ähnliche Fehlerquellen wie z.B. das Erinnerungsvermögen und die Schätzung der Portionsgröße aufweisen, kann eine Verzerrung der Daten nicht ausgeschlossen werden (Haftenberger *u. a.*, 2010).

Für den FFQ als ein verhältnismäßig einfaches Ernährungserhebungsinstrument, können trotz hoher Responserate Selektionseffekte nicht ausgeschlossen werden. Beispielsweise kann für ältere Studienteilnehmer mit physischen oder psychischen Defiziten das Ausfüllen des FFQ eine gewisse Problematik darstellen (Rüsten *u. a.*, 2009).

Da der FFQ für DEGS1 sowohl die Häufigkeiten, als auch die Portionsgrößen der Lebensmittelgruppen erfragt, gilt er als semiquantitatives Instrument der Ernährungserfassung (EFSA, 2009). Die Antwortkategorien zur Portionsgröße stellen die Mengenangabe lediglich vereinfacht dar, weshalb keine präzise Quantifizierung des Lebensmittelverzehr stattfinden kann (Subar *u. a.*, 2001; Birò *u. a.*, 2002; Kristal, Peters und Potter, 2005). Die mittels FFQ erfassten Verzehrsmengen entsprechen deshalb nur eingeschränkt den tatsächlichen Verzehrsmengen (Rüsten *u. a.*, 2009), bzw. sie stellen nur eine Annäherung an die tatsächlichen Verzehrsmengen dar. Auf Grund dessen ist ein direkter Vergleich mit den empfohlenen Verzehrsmengen mit Vorsicht zu interpretieren.

Zusammenhänge zwischen FFQs und Biomarkern haben sich i.d.R. als eher schwach herausgestellt und können Erkrankungsrisiken nur bedingt wiedergeben (Kristal, Peters und Potter, 2005). Bei der Interpretation der Daten muss dies berücksichtigt werden.

Der HEI-DEGS1 ermöglicht eine rasche und verhältnismäßig einfache Bewertung der Ernährung der deutschen erwachsenen Bevölkerung an Hand eines einzigen Punktwertes. Da die Gesamternährung von Individuen jedoch durch verschiedene Aspekte charakterisiert ist, kann ein einziger Punktwert, wie der des HEI-DEGS1 unterschiedliche Ernährungsmuster nicht reflektieren (Kant und Graubard, 2005). Die Bewertung des Index erfolgte nach speziell für diese Population geltenden Ernährungsempfehlungen. Das Bewertungsprinzip für den HEI-DEGS1 orientiert sich an dem HuSKY-Index, der in KiGGS eingesetzt wurde. Der Ernährungsindex basiert allein auf der Bewertung von Lebensmitteln und berücksichtigt keine einzelnen Nährstoffe. Der HEI-DEGS1 bietet den Vorteil, dass einige Lebensmittel, die der DGE-Ernährungskreis in einer Lebensmittelgruppe zusammenfasst, einzeln bewertet werden. Dies betrifft die Lebensmittelgruppen Getreide und Beilagen, Milch, Milchprodukte und Käse sowie Fleisch und Wurst, Fisch und Eier. Vor allem letztere besitzen unterschiedliche ernährungsphysiologische Eigenschaften, weshalb eine Trennung der Lebensmittelgruppen sinnvoll erscheint. Zudem wurden drei weitere Lebensmittelgruppen (Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltige Getränke und Alkohol) berücksichtigt, die zwar nicht Bestandteil der Ernährungsempfehlungen sind, aber zunehmend einen bedeutenden negativen Einfluss auf den Gesundheitszustand haben.

Eine Schwachstelle des Ernährungsindex ist, dass alle Lebensmittelgruppen mit gleicher Gewichtung in den Punktwert mit eingehen, denn jede Lebensmittelgruppe wurde maximal mit 100 Punkten bewertet. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass einige Lebensmittelgruppen einen bedeutenderen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen haben, als andere. Dies lassen auch andere Studien vermuten (Rüsten, Feller und Boeing, 2011). Unterschiedliche Einflüsse von Lebensmittelgruppen würden durch gleiche Gewichtung der Lebensmittelgruppen nivelliert werden, wodurch Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und den Biomarkern evtl. verfälscht werden konnten und sich die Ergebnisse weniger signifikant zeigen. Es wurde zudem angenommen, dass die einzelnen Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1 unabhängig voneinander sind, obwohl sie möglicherweise miteinander korrelieren. Die für den Ernährungsindex angenommenen Empfehlungswerte beruhend auf den Orientierungswerten der DGE, die sich an bestimmten Referenzwerten einzelner Nährstoffe für eine Durchschnittsperson mit einem bestimmten Energiebedarf ausrichten. Individuelle Abweichungen der Studienteilnehmer von diesen Bezugswerten wurden nicht berücksichtigt und würden zu anderen Ergebniswerten führen.

Zur Behandlung von fehlenden Angaben beim FFQ, wurden Lebensmittel bei fehlender Angabe zur Verzehrhäufigkeit und Portionsmenge als nicht verzehrt betrachtet. Bei fehlender Angabe zur Portionsmenge, wurde der fehlende Wert für eine Lebensmittelgruppe durch den Mittelwert der übrigen Teilnehmer für diese Gruppe ersetzt. Dies ist in der Ernährungsepi-

demologie eine gängige Vorgehensweise, hat aber evtl. dazu geführt, dass die wahre Verteilung der Werte verfälscht und die wahre Varianz unterschätzt wurde, wodurch Assoziationen des Zusammenhanges möglicherweise abgeschwächt wurden. Auf der anderen Seite hatte diese Vorgehensweise den Vorteil, dass für viele Teilnehmer trotz fehlender Angabe(n) beim FFQ ein Ernährungsindex gebildet werden konnte, möglicherweise Selektionseffekte verkleinert und die Effizienz statistischer Verfahren erhöht werden konnte.

Als mögliche Determinanten der Ernährungsqualität wurden zahlreiche Variablen untersucht. Einige dieser Variablen (Bildung, SES, Einkommen, Rauchstatus, körperliche Aktivität, Migrationshintergrund und Familienstand) gehen auf Selbstangaben der Studienteilnehmer zurück. Falsche Angaben zu diesen Determinanten (ob absichtlich oder unbeabsichtigt) haben möglicherweise zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt. Die Analyse potentieller Determinanten der Ernährungsqualität zeigt, dass die Ernährungsqualität mit zunehmendem Alter stetig ansteigt. Es ist bekannt, dass einige der untersuchten Variablen (z.B. BMI, Taillenumfang, WHR, Bildung, SES, Einkommen und der Familienstand) ebenfalls anteilig vom Alter abhängig sind. Die dargestellten Ergebniswerte eignen sich deshalb nur für eine erste grobe Abschätzung der Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und ihren bestimmenden Determinanten.

Durch die Anwendung des t-Tests für unabhängige Stichproben zur Analyse der Zusammenhänge zwischen Ernährungsqualität und den Biomarkern, lassen sich die Ergebnisse verhältnismäßig einfach interpretieren. Die untersuchten Merkmale der Gruppen des HEI-DEGS1 konnten zwar keine Normalverteilung und teilweise keine Varianzhomogenität aufweisen, doch gilt der t-Test für unabhängige Stichproben als robust gegenüber Verletzungen seiner Voraussetzungen. Dies gilt vor allem für den Vergleich von gleich großen Stichproben aus ähnlichen möglichst eingipfelig-symmetrisch verteilten Grundgesamtheiten. Die untersuchten Stichproben waren jedoch vor allem bei den Männern nicht gleich groß. Wenn die Populationsvarianzen in der kleineren Stichprobe größer sind, als die Populationsvarianzen der größeren Stichprobe, neigt der t-Test zur Bestätigung der Alternativhypothese und damit zur Annahme eines bestehenden systematischen Unterschiedes zwischen den Gruppen (progressive Testentscheidung). Dies bedeutet: es wird möglicherweise auf Unterschiede geschlossen, die in Wahrheit nicht vorhanden sind. Sind hingegen die Populationsvarianzen der kleineren Stichprobe kleiner, als die der größeren Stichprobe, entscheidet der t-Test eher in Richtung der Nullhypothese (es besteht kein Unterschied zwischen den Gruppen) (Benesch, 2013).

Mit den durchgeführten statistischen Analysen konnten für die deutsche Bevölkerung erstmals Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität der Gesamternährung und spezifischen klinisch relevanten Biomarker untersucht werden. Biomarker sind ein zunehmend be-

deutsamer Parameter für die Forschung zu Zusammenhängen zwischen Ernährung und Gesundheit, da sie ein recht objektives Instrument der Ernährungsexposition darstellen.

Die Biomarker-Konzentration ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Neben Variablen wie Geschlecht, Alter, Rauchen, Alkoholkonsum, Medikamenteneinnahme, körperlicher Aktivität, Nährstoffinteraktionen, Art der Probe (Blut, Plasma, Urin o.ä.), Bedingungen der Probenentnahme und Lagerung (z.B. Dauer und Temperatur), können Faktoren der angewandten Labormethoden (Präzision, Genauigkeit, Nachweisgrenzen des Analyseverfahrens) von Bedeutung sein. Darüber hinaus gewinnen genetische Unterschiede zunehmend an Gewicht in Bezug auf einen möglichen Einfluss auf die Wahl zugeführter Lebensmittel und die konsumierte Menge. Genetische Variationen können aber auch wichtig sein in Bezug auf den individuellen Nährstoffmetabolismus, die Bioverfügbarkeit, die Absorption und den Transport von Nährstoffen sowie für weitere physiologische Prozesse (Corella und Ordovás, 2015).

Für die durchgeführten Analysen waren umfassende und detaillierte Informationen über potentielle Confounder verfügbar. Nach sorgfältiger Bestimmung der Confounder wurden lediglich potentielle Einflüsse von Geschlecht, Alter, körperlicher Aktivität, Rauchen, die Saison der Datenerhebung, sowie durch den Index selbst die Alkoholzufuhr im adjustierten Model berücksichtigt. Residualconfounding durch zusätzliche Einflussfaktoren, die nicht erhoben wurden, kann nicht ausgeschlossen werden.

Die untersuchten biochemischen Biomarker wurden nur einmal gemessen. Um randomisierte Messfehler zu vermeiden, wäre die Durchführung mehrerer Messungen zwar sinnvoll, aber wenig praktikabel gewesen (Neuhouser *u. a.*, 2003). Für die physiologischen Biomarker (systolischer und diastolischer Blutdruck) jedoch, wurden jeweils drei Messungen durchgeführt, wodurch es eine Auswahl an Messwerten gab. So konnte mit den zur Analyse ausgewählten Mittelwerten der zweiten und dritten Messung ein überzeugend genauer Mittelwert gebildet werden. Die Bestimmung des Serum-Vitamin B<sub>12</sub> erfolgte in zwei Messwellen. Zwar wurde bei beiden das gleiche Messverfahren angewandt, doch gab es leichte Abweichungen des Messbereiches, weshalb die unterschiedlichen Messwellen nur bedingt miteinander verglichen werden können. Die Serumproben der Teilnehmer wurden bis zur Analyse der Blutproben relativ lange bei – 80 °C eingelagert. Obwohl diese Lagerung generell ausreichend ist, um die Proben zu konservieren und eine Degradation zu verhindern, wäre es optimal gewesen, die Proben bei noch niedrigerer Temperatur in flüssigem Stickstoff zu lagern (Corella und Ordovás, 2015).

Bei der Entnahme der Blutprobe waren nicht alle Teilnehmer vollends nüchtern (länger als acht Stunden). Dies könnte die Biomarker-Konzentration von solchen Biomarkern beeinflussen, die sehr rasch auf Nahrungskomponenten reagieren. Aus diesem Grund wurden für die Analyse zum Blutglukosewert Teilnehmer, die weniger als acht Stunden nüchtern waren, von

den Analysen ausgeschlossen. Für Analyse der Biomarker HbA1c, Blutglukose und Insulin wurden Teilnehmer mit einem diagnostizierten Diabetes oder bestehender Einnahme von Antidiabetika ausgeschlossen, um Verzerrungen des Zusammenhangs zwischen Ernährungsqualität und Biomarkern zu vermeiden.

Weitere Erkrankungen und Medikamenteneinnahmen mit möglichem Einfluss auf Absorption, Transport oder weitere Stoffwechselprozesse (z.B. chronisch entzündliche Darmerkrankungen oder Schilddrüsenerkrankungen, Diuretika oder Immunsuppressiva) wurden auf Grund der geringen Fallzahlen, die dies betraf, bei den Analysen nicht berücksichtigt. Auch Teilnehmer, die angaben, Diätetika, Nahrungsmittel oder Nahrungsergänzungsmittel einzunehmen, wurde bei den Analysen nicht berücksichtigt. Dies beruht darauf, dass allein separat nach der Einnahme von Vitaminen und Mineralstoffen gefragt wurde, nicht aber nach den einzelnen beinhaltenen Stoffen der Präparate sowie nach dem Einnahmezeitraum. Eine detaillierte Analyse durch eine Folgestudie wäre hier ggf. sinnvoll.

## Schlussfolgerung

Ein Vergleich der Ernährung der erwachsenen deutschen Bevölkerung mit den Ernährungsempfehlungen der DGE zeigt, dass ein großes Potential zur Verbesserung der Ernährung besteht. Schwachpunkte stellen in erster Linie der zu geringe Gemüse- und Obstverzehr und der zu hohe Konsum von Fleisch, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltigen Getränken und Alkohol dar. Als eindeutige Determinanten der Ernährungsqualität wurden Geschlecht, Alter, BMI, WHR, SES, Rauchstatus und der Familienstand identifiziert. Bei den Frauen zeigte sich zudem die körperliche Aktivität als weitere Determinante. Besonders gekennzeichnet von einer inadäquaten Ernährungsqualität sind jüngeren Personen, Personen mit niedrigem SES, Raucher und Singles. Im Vergleich zu den Frauen zeigte sich für Männer darüber hinaus eine durchgehend schlechtere Ernährungsqualität.

Mit der vorliegenden Arbeit konnten erstmals Erkenntnisse über Zusammenhänge der Ernährungsqualität mit zahlreichen Biomarkern für die erwachsene deutsche Bevölkerung gewonnen werden. Vor dem Hintergrund zunehmender ernährungsmitbedingter Herz-Kreislauf-Erkrankungen wurde der Fokus auf kardiovaskulären Biomarker gelegt, um herauszufinden, ob die Ernährung als Ganzes bereits frühzeitig kardiovaskuläre Erkrankungsrisiken anzeigen kann. Zudem wurden Zusammenhänge zwischen der Ernährungsqualität und dem Nährstoffstatus untersucht.

In Bezug auf die kardiovaskulären Biomarker konnte festgestellt werden, dass nach Adjustierung der Werte (außer für das HbA<sub>1c</sub>, der Blutglukose und dem HDL-Cholesterin bei den Frauen) keine oder negative Zusammenhänge zwischen den Biomarkern und der Ernährungsqualität bestehen. Demnach kann eine bessere Ernährungsqualität nur für einzelne Biomarker mit positiven Effekten auf den kardiovaskulären Status in Verbindung gebracht werden. Bei den Männern betrifft dies das Insulin sowie den systolischen und diastolischen Blutdruck. Bei den Frauen sind ebenfalls das Insulin und der systolische Blutdruck betroffen sowie darüber hinaus das Gesamt-, LDL- und HDL-Cholesterin. Der Effekt ist jedoch allein bei den Männern für den diastolischen Blutdruck statistisch signifikant. Eine bessere Ernährungsqualität kann sich demnach tendenziell vorteilhaft auf einzelne Biomarker des kardiovaskulären Status auswirken. Möglicherweise müsste der Index für signifikant negative Zusammenhänge zwischen kardiovaskulären Biomarkern und der Ernährungsqualität (ausgenommen das HDL-Cholesterin) spezifischer sein und die Zufuhr bestimmter Lebensmittelinhaltsstoffe wie beispielsweise Transfett, gesättigtes Fett oder Ballaststoffe berücksichtigen und Lebensmittel mit geringerem kardiovaskulären Einfluss ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse zu Zusammenhängen der Ernährungsqualität mit Biomarkern des Nährstoffstatus zeigen erwartungsgemäß eher positive Zusammenhänge, die meist auch nach einer Adjustierung der Werte bestehen bleiben.



Insgesamt unterstützen die gefundenen Ergebnisse die Annahme, dass der HEI-DEGS1 geeignet ist, um die Ernährungsqualität einer Bevölkerung auf verhältnismäßig einfache Art und Weise darzustellen und Zusammenhänge mit bestimmenden Determinanten und Biomarkern des kardiovaskulären Status sowie des Nährstoffstatus zu finden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit schaffen einen Überblick über die aktuelle Ernährungssituation der erwachsenen deutschen Bevölkerung. Durch die Identifizierung von Stärken und Schwächen der Ernährung sowie der Identifizierung von Bevölkerungsgruppen, die besonders gefährdet sind für eine schlechte Ernährungsqualität, werden Entscheidungsträgern und Gesundheitsexperten im Public Health Bereich Ansatzpunkte für zielgruppenspezifische Strategien und Maßnahmen zur Förderung einer gesunden Ernährung geschaffen.

Gemäß den Ergebnissen der Arbeit, sollte der Fokus auf einer Verringerung des Verzehrs an Fleisch, Süßigkeiten und Snacks, zuckerhaltigen Getränken und Alkohol, sowie auf der Erhöhung der Zufuhr an Gemüse und Obst liegen. Als Zielgruppen für Präventionsmaßnahmen sollten Männer, jüngeren Personen, Menschen mit niedrigem SES, Raucher und Singles in den Fokus rücken.

Zur Förderung der Ernährungsqualität der Bevölkerung bieten sich eine Kombination aus Verhaltens- und Verhältnisprävention an. Die Verhaltensprävention bezieht sich auf Informationen und Vorschläge an das Individuum, um sein Wissen und seine Einstellungen zu verändern. Verhältnisprävention wiederum ist die konkrete Veränderung von Bedingungen der Umwelt. Eine verhältnispräventive politische Maßnahme könnte beispielsweise eine Erhöhung der Steuern für ungesunde Lebensmittel, die besonders reich an Zucker und ernährungsphysiologisch ungünstigen Fetten sind, sein. Grund hierfür ist, dass energiedichte und dadurch teilweise ungesunde Lebensmittel meist preiswerter sind als gesunde Lebensmittel mit geringerer Energiedichte. Verhältnispräventive Maßnahmen für das gesamte Lebensmittelangebot sind kaum denkbar, da es schwierig ist, ein Lebensmittel allein hinsichtlich seiner gesundheitlichen Auswirkungen zu bewerten. Jedoch wäre die Einführung eines verbraucherfreundlichen Bewertungs- und Kennzeichnungssystems für gesundheitlich unvorteilhafte Lebensmittel sinnvoll. Eine weitere praktische verhältnispräventive Maßnahme liegt in einer stärkeren Verbreitung von bestehendem Evidenz basierten Ernährungswissen, wie beispielsweise in Form von offiziellen Ernährungsempfehlungen. Entsprechendes Informationsmaterial sollte zudem in vollem Umfang für jeden barriere- und kostenfrei zugänglich gemacht werden. Um einen möglichst großen Anteil der erwachsenen Bevölkerung zu erreichen, sollten Veränderungen im beruflichen Setting stattfinden. So könnten gezielte Kurse über eine gesundheitlich vorteilhafte Ernährung oder Kochkurse durch geschultes Fachpersonal stattfinden. Neben Betrieben sollte zudem über weitere Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung wie Tageseinrichtungen für Kinder, Schulen, Hochschulen, Krankenhäuser, Re-

habilitationskliniken, stationäre Senioreneinrichtungen und Anbieter von „Essen auf Rädern“ eine stärkere Kontrolle über das Nahrungsangebot erfolgen. Bisher unterliegen solche Einrichtungen keinen Rahmenrichtlinien, die die Angebote im Sinne einer vollwertigen Ernährung gemäß DGE zertifizieren lassen. Veränderungen der Ernährung im Erwachsenenalter stellen stets eine Herausforderung für die Betroffenen dar, denn das Ernährungsverhalten wird schon in frühem Kindes- und Jugendalter grundlegend geprägt. Aus diesem Grund erscheinen vor allem Maßnahmen, die Kinder und Jugendliche betreffen sinnvoll. Dies kann und darf jedoch nicht allein Aufgabe von öffentlichen Einrichtungen oder durch den Gesetzgeber geschehen. Auch in der Familie muss grundlegendes Ernährungswissen über eine gesunde Ernährungsweise, Zubereitungsmethoden und Lebensmittelauswahl von den Erwachsenen an die Kinder weitergegeben werden.

Um ein langfristige Veränderungen der Ernährungsqualität und mögliche Einflussfaktoren erfassen zu können, erforderliche Verbesserungsmaßnahmen einzuleiten und ihren Erfolg kontrollieren zu können, wäre eine Erhebung der Verzehrdaten in regelmäßigen Abständen wünschenswert. Erstrebenswert wären zudem weitere Studien zu Zusammenhängen der Ernährungsqualität und Biomarkern, um zu testen, ob sich die beobachteten Effekte reproduzieren lassen und die wissenschaftliche Evidenz stärken. Der Vergleich der Ergebnisse zur Analyse der Biomarker zeigt, dass sich bestehende Indices zur Bewertung der Ernährungsqualität mitunter sehr stark voneinander in Hinsicht auf die beinhalteten Lebensmittel(gruppen) und Nährstoffe unterscheiden. Da sich Indices, häufig an Ernährungsempfehlungen für bestimmte Bevölkerungsgruppen orientieren, ist dies natürlich verständlich und gut nachvollziehbar. Eine direkte Vergleichbarkeit von Studienergebnissen ist auf Grund dessen jedoch nur sehr eingeschränkt möglich. Hinzu kommt die Problematik, dass die Studien die Ergebnisse für unterschiedliche Confounder adjustieren und unterschiedliche statistische Analysen angewandt werden. Vorteilhaft, aber schwierig umzusetzen wären aus diesem Grund der Einsatz von einheitlicheren Indices sowie eine übereinstimmende Adjustierung an weitere Kovariablen.

Es bietet sich zudem für den Erhalt vergleichbarer Daten an, den entwickelten Ernährungsindex für eine Analyse weiterer Biomarker sowie andere epidemiologischen Analysen einzusetzen, sodass weitere Ernährungstrends und gesundheitsbezogene Zusammenhänge untersucht werden können.

## Zusammenfassung

Als eine der wichtigsten beeinflussbaren Determinanten des Gesundheitsverhaltens, birgt die Ernährung ein immenses Präventionspotential um ernährungsmitbedingte Erkrankungen vorzubeugen. Um die Ernährungsqualität einer Gruppe oder Bevölkerung als Ganzes zu bewerten und Auswirkungen auf die Gesundheit zu analysieren, erlangt der Einsatz von Ernährungsindices zunehmend an Bedeutung. Für die deutsche erwachsene Bevölkerung liegen bisher jedoch nur wenige Daten zur Ernährungsqualität sowie möglichen Einflüssen auf die Gesundheit vor. Um bestehende Wissenslücken zu schließen, wurde ein Ernährungsindex zur umfassenden Bewertung der Ernährungsqualität der erwachsenen deutschen Bevölkerung entwickelt. Hierfür wird untersucht, in wieweit die Ernährung den geltenden Ernährungsempfehlungen der DGE entspricht, von welchen Determinanten die Ernährungsqualität beeinflusst wird und welche Zusammenhänge zwischen Ernährungsqualität und Biomarkern der Gesundheit bestehen.

Die durchgeführten Analysen basieren auf Daten von 6790 Teilnehmern zwischen 18 und 79 Jahren, die in DEGS1, einer bundesweiten Querschnittsstudie des RKI erhoben wurden. Die Verzehrgewohnheiten wurden hierbei durch einen semi-quantitativen FFQ erfasst. Der Healthy Eating Index für DEGS1 (HEI-DEGS1) beinhaltet insgesamt 15 Lebensmittelgruppen, denen in Abhängigkeit von der Übereinstimmung mit den Ernährungsempfehlungen jeweils maximal 100 Punkte zugeordnet werden konnten. Dividiert durch die Gesamtanzahl aller Lebensmittelgruppen konnte der Gesamtpunktwert des Index gebildet werden. Für jede Lebensmittelgruppe des HEI-DEGS1 wurde das Ausmaß der Einhaltung der Ernährungsempfehlungen untersucht. Mittels Regressionsanalyse wurden Determinanten der Ernährungsqualität identifiziert. Zur Analyse der Zusammenhänge zwischen Ernährungsqualität und Biomarkern, wurde der HEI-DEGS1 in Quintile unterteilt und die Unterschiede der Mittelwerte der Biomarker zwischen den Quintilen durch einen unabhängigen t-Test analysiert.

Die vorliegende Arbeit kommt zu folgenden Ergebnissen: Die Ernährung der erwachsenen deutschen Bevölkerung entspricht weitestgehend nicht den Ernährungsempfehlungen. Sie ist für Frauen insgesamt deutlich besser, als für Männer und steigt kontinuierlich mit zunehmendem Alter, BMI, WHR, SES und bei den Frauen mit zunehmender körperlicher Aktivität und geringerem Tabakkonsum. Für die Biomarker des kardiovaskulären Status können nach Adjustierung für das Alter, die körperliche Aktivität, den Rauchstatus sowie die Saison der Datenerhebung (außer für das HbA<sub>1c</sub>, die Blutglukose und dem HDL-Cholesterin bei den Frauen) keine bzw. negative Zusammenhänge mit der Ernährungsqualität gefunden werden. Die adjustierten Biomarker des Nährstoffstatus zeigen bei Männern und Frauen mit Ausnahme des Ferritins und des Vitamin D positive Zusammenhänge zur Ernährungsqualität. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass die deutsche Bevölkerung ein großes Verbesse-

rungspotential hinsichtlich der Ernährungsqualität besitzt, dem durch verschiedenste Maßnahmen zur Verhältnis- und Verhaltensprävention Rechnung getragen werden kann. Der HEI-DEGS1 ermöglicht die Abbildung der Ernährungsqualität einer Bevölkerung auf verhältnismäßig einfache Art und Weise und erlaubt es, Zusammenhänge mit bestimmenden Determinanten und Biomarkern des kardiovaskulären Status sowie des Nährstoffstatus zu finden. Für eine langfristige Abbildung von möglichen Veränderungen der Ernährungsqualität und beeinflussenden Determinanten, wäre eine regelmäßige Erhebung von Verzehrdaten zur Bewertung und Analyse mittels HEI-DEGS1 wünschenswert. Zudem bietet sich der Ernährungsindex für weitere Analysen zu Ernährungstrends und gesundheitsbezogenen Zusammenhängen an.

## Abstract

### Background:

Nutrition as one of the most crucial factors of health behavior has enormous potential to prevent dietary-related diseases. To assess the diet quality of a population and analyze dietary effects on health, the use of nutritional indices has gained importance. For the German adult population, however, only few data on dietary quality and potential health effects are available.

### Objective:

To develop a healthy eating index for a comprehensive analysis of dietary quality of the adult German population. Altogether, the adherence to dietary recommendations of the DGE, the determinants of dietary quality and associations of the healthy eating index and biomarkers of cardiovascular and nutritional status were investigated.

### Methods:

For the present analysis, data from the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1), a nationwide cross-sectional study between 2008 and 2011, were used. The analysis included 6790 adults between 18 and 79 years. The Healthy Eating Index for DEGS1 (HEI-DEGS1) was developed using consumption data of a 57-item FFQ. Food was assigned to 15 food groups. By the allocation of a maximum of 100 points per food group divided by the number of groups, the summarizing point value of the nutrition index was formed. The extend of adherence to dietary recommendations was analyzed for each food group. Determinants of nutritional quality were examined by regression analysis. To analyze the correlation between dietary quality and biomarkers, the HEI-DEGS1 was divided into quintiles, and differences of mean values between quintiles were examined by t-test for independent samples.

### Results:

The diet of the adult German population largely does not correspond to the nutritional recommendations. Nutritional quality increases with rising age, BMI, WHR, SES, physical activity (only for women) and lower consumption of tobacco (only for women). Men had consistently poorer nutritional quality than women. For biomarkers of cardiovascular status (except HbA<sub>1c</sub>, Glucose and HDL-Cholesterin for women), after adjustment for age, physical activity, smoking status and the season of data collection, no or negative correlations with dietary quality can be found. Adjusted Biomarkers of nutrient status show positive correlations for dietary quality except for Ferritin and Vitamin D.

**Conclusions:**

The results of the study show that the German population has enormous potential for improvement in dietary quality, which can be accommodated by environmental and behavioral prevention. The HEI-DEGS1 makes it possible to depict the nutritional quality of a population in a relatively simple manner and allows to find correlations with determining determinants and biomarkers of cardiovascular and nutrient status. For a long-term mapping of possible changes in dietary quality and influencing determinants, a regular collection of consumption data for evaluation and analysis using HEI-DEGS1 would be desirable. In addition, HEI-DEGS1 is also appropriate for further analyzes on dietary trends and health-related contexts.

## Literaturverzeichnis

Aid (2012) *Die aid-Ernährungspyramide - Richtig essen lehren und lernen*. 5. Auflage.

Alkerwi, A. (2014) „Diet quality concept“, *Nutrition*. Elsevier, 30(6), S. 613–618. doi: 10.1016/j.nut.2013.10.001.

Ammon, H. P. T., Burchard, A., Drexel, H., Füchtenbusch, M., Häring, H.-U., Hauner, H., Joost, H.-G., Matthaei, S., Merkel, M., Müller-Wieland, D., Pfohl, M., Roden, M., Rustenbeck, I., Säly, C., Schatz, H., Schifferdecker, E., Schinner, S., Schwarz, P., Szendrödi, J., Vonbank, A., Wascher, T. und Zeyfang, A. (2014) „Typ-2-Diabetes“, in Pfeiffer, A. F. H. und Schatz, H. (Hrsg.) *Diabetologie Kompakt*. 5. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 109–202.

Appel, L. J., Moore, T. J., Obarzanek, E., Vollmer, W. M., Svetkey, L. P., Sacks, F. M., Bray, G. A., Vogt, T. M., Cutler, J. A., Windhauser, M. M., Lin, P.-H. und Karanja, N. (1997) „Clinical Trial of the Effects of Dietary Patterns on Blood Pressure“, *The New England Journal of Medicine*, 336(16), S. 1117–1124.

Arvaniti, F. und Panagiotakos, D. B. (2008) „Healthy Indexes in Public Health Practice and Research: A Review“, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(4), S. 317–327. Verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1080/10408390701326268>.

Baetge, E. E., Dhawan, A. und Prentice, A. M. (2016) *Next-Generation Nutritional Biomarkers to Guide Better Health Care*. Herausgegeben von Nestlé Nutrition Institute Workshop Series. Basel: Karger.

Bailey, L. B., Stover, P. J., McNulty, H., Fenech, M. F., Gregory, J. F., Mills, J. L., Pfeiffer, C. M., Fazili, Z., Zhang, M., Ueland, P. M., Molloy, A. M., Caudill, M. A., Shane, B., Berry, R. J., Bailey, R. L., Hausman, D. B., Raghavan, R. und Raiten, D. J. (2015) „Biomarkers of Nutrition for Development - Folate Review“, *Journal of Nutrition*, 145(7), S. 1636S–1680S. doi: 10.3945/jn.114.206599.

Ball, K., Mishra, G. D., Thane, C. W. und Hodge, A. (2004) „How well do Australian women comply with dietary guidelines?“, *Public Health Nutrition*, 7(3), S. 443–452.

Baltes, W. und Matissek, R. (2011) *Lebensmittelchemie*. 7. Aufl, *Lebensmittelchemie*. 7. Aufl. Herausgegeben von W. Baltes und R. Matissek. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-3-642-16539-9.

Benesch, T. (2013) *Schlüsselkonzepte zur Statistik: die wichtigsten Methoden, Verteilungen, Tests anschaulich erklärt*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Beydoun, M. A. und Wang, Y. (2008) „Do nutrition knowledge and beliefs modify the association of socio-economic factors and diet quality among US adults?“, *Preventive Medicine*, 46(2), S. 145–153. doi: 10.1016/j.ypmed.2007.06.016.

Bikle, D. D. (2014) „Vitamin D Metabolism, Mechanism of Action, and Clinical Applications“, *Chemistry & Biology*, 21(3), S. 319–329. doi: 10.1016/j.chembiol.2013.12.016.Vitamin.

Birò, G., Hulshof, K., Ovesen, L. und Amorim, J. A. (2002) „Selection of methodology to assess food intake“, *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(2), S. 25–32. doi: 10.1038/sj/ejcn/1601426.

Bleich, S. N., Cutler, D., Murray, C. und Adams, A. (2008) „Why Is the Developed World Obese?“, *Annual Review of Public Health*, 29, S. 273–295. doi: 10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090954.

- BMEL (2013) *Müller: Prävention stärken und Fehlernährung verhindern*. Verfügbar unter: <http://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2013/036-MUE-Praeventionstag.html?nn=312878>.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-bonnet, E., Müller, M. J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P. und Watzl, B. (2012) *Stellungnahme: Gemüse und Obst in der Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten*.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Müller, M. J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P. und Watzl, B. (2012) „Critical review: Vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases“, *European Journal of Nutrition*, 51(6), S. 637–663. doi: 10.1007/s00394-012-0380-y.
- Bolton-Smith, C., Smith, W. C., Woodward, M. und Tunstall-Pedoe, H. (1991) „Nutrient intakes of different social-class groups: results from the Scottish Heart Health Study (SHHS)“, *British Journal of Nutrition*, 65(3), S. 321–335.
- Brigelius-Flohe, R. (2014a) „Fettlösliche Vitamine“, in Heinrich, P. C., Müller, M., und Graeve, L. (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. 9. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer Medizin, S. 706–719.
- Brigelius-Flohe, R. (2014b) „Wasserlösliche Vitamine“, in Heinrich, P. C., Müller, M., und Graeve, L. (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. 9. Berlin Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 720–735.
- Brigelius-Flohe, R. und Petrides, P. E. (2014) „Essentielle Spurenelemente“, in Heinrich, P. C., Müller, M., und Graeve, L. (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. 9. Berlin Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 736–740.
- Bröll, H. (2013) „Knochengesundheit“, in Haller, D., Grune, T., und Rimbach, G. (Hrsg.) *Biofunktionalität der Lebensmittelinhaltsstoffe*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 193–204.
- Brönstrup, A. (2007) „Folat und Folsäure. Herausforderungen für die Praxis“, *Ernahrungs Umschau*, 54(9), S. 538–544.
- Carvalho, K. M. B. de, Dutra, E. S., Pizato, N., Gruezo, N. D. und Ito, M. K. (2014) „Diet quality assessment indexes“, *Revista de Nutrição-Brazilian Journal of Nutrition*, 27(5), S. 605–617. doi: 10.1590/1415-52732014000500009.
- Di Castelnuovo, A., Costanzo, S., Bagnardi, V., Donati, M. B., Iacoviello, L. und Gaetano, G. de (2006) „Alcohol Dosing and Total Mortality in Men and Women“, *Archives of Internal Medicine*. American Medical Association, 166(22), S. 2437–2445. doi: 10.1001/archinte.166.22.2437.
- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L., Jones, D. W., Materson, B. J., Oparil, S., Wright, J. T., Roccella, E. J. und National Heart, Lung, and Blood Institute Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure, and T. of H. B. P. N. H. B. P. E. P. C. C. (2003) *The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report.*, *JAMA*. doi: 10.1161/01.HYP.0000107251.49515.c2.
- Clarke, M. und Wakefield, L. M. (1975) „Food choices of institutionalized vs. independent-living elderly“, *Journal of the American Dietetic Association*. 1975/06/01, 66(6), S. 600–604.
- Corella, D. und Ordovás, J. M. (2015) „Biomarkers: Background, classification and guidelines for applications in nutritional epidemiology“, *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), S. 177–188. doi: 10.3305/nh.2015.31.sup3.8765.



- Cross, A. J., Lampe, J. W. und Rock, C. L. (2013) „Biomarkers and Their Use in Nutrition Intervention“, in Coulston, A. M., Boushey, C., und Ferruzzi, M. (Hrsg.) *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. 3. Aufl. New York: Elsevir Inc., S. 209–230.
- Dallongeville, J., Marècaux, N., Fruchart, J.-C. und Amouyel, P. (1998) „Cigarette Smoking Is Associated with Unhealthy Patterns of Nutrient Intake: a Meta-analysis“, *The Journal of Nutrition*, 128(9), S. 1450–1457. doi: 10.3945/jn.108.093971.
- Dauchet, L., Amouyel, P., Hercberg, S. und Dallongeville, J. (2006) „Fruit and Vegetable Consumption and Risk of Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies 1“, *The Journal of Nutrition*, 136(July), S. 2588–2593. doi: 10.1212/01.wnl.0000180600.09719.53.
- Derosa, G. und Maffioli, P. (2016) „Testing Pharmacological Profiles with Biomarkers Relevant to Cardiovascular Profiles“, in Patel, V. B. und Preedy, V. R. (Hrsg.) *Biomarkers in Cardiovascular Disease*. Dordrecht: Springer Science+Business Media, S. 1–22. doi: 10.1007/978-94-007-7741-5\_18-1.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V (2015) *Öle und Fette*. Verfügbar unter: <http://www.dge-ernaehrungskreis.de/lebensmittelgruppen/oele-und-fette/>.
- DGE (2015a) *FAQ*. Verfügbar unter: <http://www.dge-ernaehrungskreis.de/faq/>.
- DGE (2015b) *Fleisch, Wurst, Fisch und Eier*. Verfügbar unter: <http://www.dge-ernaehrungskreis.de/lebensmittelgruppen/fleisch-wurst-fisch-und-eier/>.
- DGE (2015c) *Gemüse und Salat*. Verfügbar unter: <http://www.dge-ernaehrungskreis.de/lebensmittelgruppen/gemuese-und-salat/>.
- DGE (2015d) *Getränke*. Verfügbar unter: <http://www.dge-ernaehrungskreis.de/lebensmittelgruppen/getraenke/>.
- DGE (2015e) *Obst*. Verfügbar unter: <http://www.dge-ernaehrungskreis.de/lebensmittelgruppen/obst/>.
- DGE (2015f) *Regelmäßig Fisch auf den Tisch!* Verfügbar unter: <https://www.dge.de/presse/pm/regelmaessig-fisch-auf-den-tisch/>.
- DGE (2016) *13. DGE-Ernährungsbericht*. Herausgegeben von DGE. Bonn: Köllen Druck + Verlag GmbH.
- DGE (2017a) *DGE-Ernährungskreis*. Verfügbar unter: <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/ernaehrungskreis/>.
- DGE (2017b) *Vollwertige Ernährung*. Verfügbar unter: <https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/>.
- Diethelm, K., Sichert-Hellert, W. und Kersting, M. (2009) „Indices zur Bewertung der Ernährungsqualität - eine aktuelle Übersicht“, *Ernährungs Umschau*, 56(7), S. 395–403.
- Dinter, J., Bechthold, A., Boeing, H., Ellinger, S., Leschik-Bonnet, E., Linseisen, J., Lorkowski, S. und Wolfram, G. (2016) „Fischverzehr und Prävention ausgewählter ernährungsmittelbedingter Krankheiten“, *Ernährungs Umschau*, 7(7), S. M394–M400. doi: 10.4455/eu.2016.032.
- Doppler, K., Hammes, H.-P., Heidenreich, A., Luft, D., Reiners, K., Risse, A., Schleicher, E., Sommer, C., Stratmann, B., Tschöpe, C., Tschöpe, D., Wohlrab, J., Zidek, W. und Zimny, S. (2014) „Diabetische Folgeerkrankungen“, in Schatz, H. und Pfeiffer, A. F. H. (Hrsg.)

*Diabetologie kompakt*. 5. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 239–296.

Drewnowski, A., Fiddler, E. C., Dauchet, L., Galan, P. und Hercberg, S. (2009) „Diet quality measures and cardiovascular risk factors in France: applying the Healthy Eating Index to the SU.VI.MAX study“, *Journal of the American College of Nutrition*, 28(1), S. 22–29.

Drewnowski, A., Henderson, S. A., Shore, A. B., Fischler, C., Preziosi, P. und Hercberg, S. (1996) „Diet quality and dietary diversity in France: implications for the French paradox“, *Journal of the American Dietetic Association*. 1996/07/01, 96(7), S. 663–669. Verfügbar unter: [http://ac.els-cdn.com/S000282239600185X/1-s2.0-S000282239600185X-main.pdf?\\_tid=b878a406-c5d5-11e6-833a-00000aab0f27&acdnat=1482143419\\_3ff62b496d95255dc4f39f5da3fccdaf](http://ac.els-cdn.com/S000282239600185X/1-s2.0-S000282239600185X-main.pdf?_tid=b878a406-c5d5-11e6-833a-00000aab0f27&acdnat=1482143419_3ff62b496d95255dc4f39f5da3fccdaf).

Drewnowski, A. und Specter, S. E. (2004) „Poverty and obesity: the role of energy density and energy costs.“, *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(1), S. 6–16.

EFSA (2009) „General principles for the collection of national food consumption data in the view of a pan-European dietary survey“, *EFSA Journal*, 7(12), S. 17–18. doi: 10.2903/j.efsa.2009.1435. Available.

Elmadfa, I. und Meyer, A. L. (2012) „Diet Quality, a Term Subject to Change over Time“, *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 82(3), S. 144–147.

Farchi, G., Mariotti, S., Menotti, A., Seccareccia, F., Torsello, S. und Fidanza, F. (1989) „Diet and 20-y mortality in two rural population groups of middle-aged men in Italy“, *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1989/11/01, 50(5), S. 1095–1103. Verfügbar unter: <http://ajcn.nutrition.org/content/50/5/1095.full.pdf>.

Fargnoli, J. L., Fung, T. T., Olenczuk, D. M., Chamberland, J. P., Hu, F. B. und Mantzoros, C. S. (2008) „Adherence to healthy eating patterns is associated with higher circulating total and high-molecular-weight adiponectin and lower resistin concentrations in women from the Nurses' Health Study“, *American Journal of Clinical Nutrition*, 88(5), S. 1213–1224. doi: 10.3945/ajcn.2008.26480.

Fischer, C. G. und Garnett, T. (2016) *Plates, pyramids, planets: Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: a state of play assessment*. Herausgegeben von Food and Agriculture Organization of the United Nations and The Food Climate Research Network at The University of Oxford. doi: 978-92-5-109222-4.

Flammer, A., Steffel, J. und Lüscher, T. F. (2014) „Epidemiologie der Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Prävalenz, Risikofaktoren und Prävention“, in Steffel, J. und Lüscher, T. F. (Hrsg.) *Herz-Kreislauf*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, S. 29–34.

Fransen, H. P. und Ocké, M. C. (2008) „Indices of diet quality.“, *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 11(5), S. 559–565. doi: 10.1097/MCO.0b013e32830a49db.

Freisling, H., Elmadfa, I., Schuh, W. und Wagner, K. H. (2009) „Development and validation of a food frequency index using nutritional biomarkers in a sample of middle-aged and older adults“, *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 22(1), S. 29–39. doi: 10.1111/j.1365-277X.2008.00916.x.

Fung, T. T., Rimm, E. B., Spiegelman, D., Rifai, N., Tofler, G. H., Willett, W. C. und Hu, F. B. (2001) „Association between dietary patterns and plasma biomarkers of obesity and cardiovascular disease risk“, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(1), S. 61–67.

Galan, P., Yoon, H. C., Preziosi, P., Viteri, F., Valeix, P., Fieux, B., Briancon, S., Malvy, D., Roussel, A. M., Favier, A. und Hercberg, S. (1998) „Determining factors in the iron status of adult women in the SU.VI.MAX study“, *European Journal of Clinical Nutrition*, 52(6), S. 383–

388. doi: 10.1038/sj.ejcn.1600561.

Gämperli, O., Husman, M., Luft, A., Steffel, J. und Lüscher, T. F. (2014) „Atherosklerose und Folgeerkrankungen“, in Steffel, J. und Lüscher, T. (Hrsg.) *Herz-Kreislauf*. 2. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 57–86. doi: 10.1007/978-3-642-55112-3.

Garriguet, D. (2009) „Diet quality in Canada“, *Health Reports*. Ottawa, 20(3), S. 41–52.

GBD 2013 Risk Factors Collaborators (2015) „Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013“, *The Lancet*, 386(10010), S. 2287–2323. doi: 10.1016/S0140-6736(15)00128-2.

GBE (2017) *Gesundheitsausgaben in Deutschland in Mio. €*. Verfügbar unter: [http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd\\_init?gbe.isgbetol/xs\\_start\\_neu/&p\\_aid=i&p\\_aid=84993484&nummer=522&p\\_sprache=D&p\\_indsp=-&p\\_aid=45761681](http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=i&p_aid=84993484&nummer=522&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=45761681).

Gil, A., Victoria, E. M. de und Olza, J. (2015) „Indicators for the evaluation of diet quality“, *Nutrición Hospitalaria*. 2015/02/27, 31(3), S. 128–144. doi: 10.3305/nh.2015.31.sup3.8761.

Glei, M. (2013) „Krebsprävention“, in Haller, D., Grune, T., und Rimbach, G. (Hrsg.) *Biofunktionalität der Lebensmittelinhaltsstoffe*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, S. 161–192.

Gößwald, A., Lange, M., Dölle, R. und Hölling, H. (2013) „Die erste Welle der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1): Gewinnung von Studienteilnehmenden, Durchführung der Feldarbeit und Qualitätsmanagement“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5–6), S. 611–619. doi: 10.1007/s00103-013-1671-z.

Graefe, K. H., Lutz, W. und Bönisch, H. (2011) *Duale Reihe: Pharmakologie und Toxikologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Greenberg, J. A., Bell, S. J., Guan, Y. und Yu, Y.-H. (2011) „Folic Acid supplementation and pregnancy: more than just neural tube defect prevention.“, *Reviews in Obstetrics & Gynecology*, 4(2), S. 52–9. doi: 10.3909/riog0157.

Grundy, S. M. und Denke, M. A. (1990) „Dietary influences on serum lipids and lipoproteins.“, *Journal of Lipid Research*, 31(7), S. 1149–1172. Verfügbar unter: <http://www.jlr.org/content/31/7/1149.short%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2205699>

Guenther, P. M., Kirkpatrick, S. I., Reedy, J., Krebs-Smith, S. M., Buckman, D. W., Dodd, K. W., Casavale, K. O. und Carroll, R. J. (2014) „The Healthy Eating Index-2010 Is a Valid and Reliable Measure of Diet Quality According to the 2010 Dietary Guidelines for Americans“, *The Journal of Nutrition*. 2014/01/24, 144(3), S. 399–407. doi: 10.3945/jn.113.183079.

Guenther, P. M., Reedy, J. und Krebs-Smith, S. M. (2008) „Development of the Healthy Eating Index-2005“, *Journal of the American Dietetic Association*. 2008/10/29, 108(11), S. 1896–1901. doi: 10.1016/j.jada.2008.08.016.

Haftenberger, M., Heuer, T., Heidemann, C., Kube, F., Krems, C. und Mensink, G. B. M. (2010) „Relative validation of a food frequency questionnaire for national health and nutrition monitoring“, *Nutrition Journal*, 9(36), S. 1–9. doi: 10.1186/1475-2891-9-36.

Hammer, G. P., Prel, J.-B. du und Blettner, M. (2009) „Vermeidung verzerrter Ergebnisse in

Beobachtungsstudien“, *Deutsches Ärzteblatt*, 106(41), S. 664–668.

Hann, C. S., Rock, C. L., King, I. und Drewnowski, A. (2001) „Validation of the Healthy Eating Index with use of plasma biomarkers in a clinical sample of women“, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74(4), S. 479–486. Verfügbar unter: <http://ajcn.nutrition.org/content/74/4/479.abstract>.

Hauner, H., Bechthold, A., Boeing, H., Brönstrup, A., Buyken, A., Leschik-Bonnet, E., Linseisen, J., Schulze, M., Strohm, D. und Wolfram, G. (2012) „Evidence-based guideline of the German nutrition society: Carbohydrate intake and prevention of nutrition-related diseases“, *Annals of Nutrition and Metabolism*, 60(1), S. 1–58. doi: 10.1159/000335326.

Heidemann, C., Schulze, M., Franco, O. H., van Dam, R. M., Mantzoros, C. S. und Hu, F. B. (2008) „Dietary Patterns and Risk of Mortality from Cardiovascular Disease, Cancer, and All-Causes in a Prospective Cohort of Women: Heidemann-Dietary Patterns and Mortality“, *Circulation*, 118(3), S. 230–237. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.771881.Dietary.

Heseker, H., Stahl, A. und Strohm, D. (2012) „Vitamin D. Physiologie, Funktionen, Vorkommen, Referenzwerte und Versorgung in Deutschland“, *Ernährungs Umschau*, 4, S. 232–239.

Hien, P., Böhm, B., Claudi-Böhm, S., Krämer, C. und Kohlhas, K. (2013) *Diabetes Handbuch*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Hölling, H., Schlack, R., Kamtsiuris, P., Butschalowsky, H., Schlaud, M. und Kurth, B. M. (2012) „Die KiGGS-Studie“, *Bundesgesundheitsblatt*, 55, S. 836–842. doi: 10.1007/s00103-012-1486-3.

Hollis, B. W. und Wagner, C. L. (2013) „The Role of the Parent Compound Vitamin D with Respect to Metabolism and Function: Why Clinical Dose Intervals Can Affect Clinical Outcomes“, *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 98(12), S. 4619–4628.

Holten, T. C. van, Waanders, L. F., de Groot, P. G., Vissers, J., Hoefler, I. E., Pasterkamp, G., Prins, M. W. J. und Roest, M. (2013) „Circulating Biomarkers for Predicting Cardiovascular Disease Risk; a Systematic Review and Comprehensive Overview of Meta-Analyses“, *PLOS ONE*, 8(4), S. 1–8. doi: 10.1371/journal.pone.0062080.

Hu, F. B. (2002) „Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology“, *Current Opinion in Lipidology*, 13(1), S. 3–9. doi: 10.1097/00041433-200202000-00002.

Huang, T., Tobias, D. K., Hruby, A., Rifai, N., Tworoger, S. S. und Hu, F. B. (2016) „An Increase in Dietary Quality Is Associated with Favorable Plasma Biomarkers of the Brain-Adipose Axis in Apparently Healthy US Women“, *Journal of Nutrition*, 146(5), S. 1101–1108. doi: 10.3945/jn.115.229666.

Jain, K. K. (2010) *The Handbook of Biomarkers*. New York: Springer Science+Business Media.

Jenab, M., Slimani, N., Bictash, M., Ferrari, P. und Bingham, S. A. (2009) „Biomarkers in nutritional epidemiology: Applications, needs and new horizons“, *Human Genetics*, 125(5–6), S. 507–525. doi: 10.1007/s00439-009-0662-5.

Johnson, R. K., Appel, L. J., Brands, M., Howard, B. V., Lefevre, M., Lustig, R. H., Sacks, F., Steffen, L. M. und Wylie-Rosett, J. (2009) „Dietary Sugars Intake and Cardiovascular Health“, *Circulation*, 120(11), S. 1011–1020. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192627.

Jungvogel, A., Michel, M., Bechthold, A. und Wendt, I. (2016) „Die lebensmittelbezogenen Ernährungsempfehlungen der DGE“, S. 474–481. doi: 10.4455/eu.2016.037.

- Kabisch, S., Kulzer, B., Pfeiffer, A. F. H., Pfohl, M., Schifferdecker, E., Schulze, M. B. und Weitgasser, R. (2014) „Allgemeine Grundlagen des Diabetes mellitus“, in Pfeiffer, A. F. H. und Schatz, H. (Hrsg.) *Diabetologie Kompakt*. 5. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 1–32. doi: 10.1007/978-3-642-42358-2.
- Kamtsiuris, P., Lange, M., Hoffmann, R., Schaffrath Rosario, A., Dahm, S., Kuhnert, R. und Kurth, B. M. (2013) „Die erste Welle der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1): Stichprobendesign, Response, Gewichtung und Repräsentativität“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5–6), S. 620–630. doi: 10.1007/s00103-012-1650-9.
- Kant, A. K. (1996) „Indexes of Overall Diet Quality: A Review“, *Journal of the American Dietetic Association*, 96(8), S. 785–791. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-8223\(96\)00217-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-8223(96)00217-9).
- Kant, A. K. und Graubard, B. I. (2005) „A Comparison of Three Dietary Pattern Indexes for Predicting Biomarkers of Diet and Disease.“, *Journal of the American College of Nutrition*, 24(4), S. 294–303. doi: 24/4/294 [pii].
- Kennedy, E. T., Ohls, J., Carlson, S. und Fleming, K. (1995) „The Healthy Eating Index: Design and Applications“, *Journal of the American Dietetic Association*, 95(10), S. 1103–1108. doi: 10.1016/S0002-8223(95)00300-2.
- Kleiser, C., Mensink, G. B., Scheidt-Nave, C. und Kurth, B. M. (2009) „HuSKY: a healthy nutrition score based on food intake of children and adolescents in Germany“, *Br J Nutr*. 2009/02/11, 102(4), S. 610–618. doi: 10.1017/s0007114509222689.
- Köhnke, K. (2011) „Der Wasserhaushalt und die ernährungsphysiologische Bedeutung von Wasser und Getränken“, *Ernahrungs Umschau*, 58(2), S. 88–95.
- Kongerslev Thorning, T., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-Muthu, S. S., Givens, I. und Astrup, A. (2016) „Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence“, *Food & Nutrition Research*, 60, S. 1–11. doi: 10.3402/fnr.v60.32527.
- Kourlaba, G. und Panagiotakos, D. B. (2009) „Dietary quality indices and human health: A review“, *Maturitas*, 62(1), S. 1–8. doi: 10.1016/j.maturitas.2008.11.021.
- Kreienbrock, L., Pigeot, I. und Ahrens, W. (2012) *Epidemiologische Methoden*. 5. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Krems, C. (2009) „Der Kleine Unterschied - Ernährung von Mann und Frau“, *Ernahrungs Umschau*, 56(11), S. 630–631.
- Kristal, A. R., Peters, U. und Potter, J. D. (2005) „Is It Time to Abandon the Food Frequency Questionnaire?“, *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 14(12), S. 2826–2828. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-editorial.
- Kuhnle, G. G. C. (2015) „Biomarkers of Intake“, in Lovegrove, J. A., Hodson, L., Sharma, S., und Lanham-New, S. A. (Hrsg.) *Nutrition Research Methodologies*. Chichester: John Wiley & Sons, S. 90–107.
- Kushi, L. H., Lew, R. A., Stare, F. J., Ellison, C. R., Lozy, M. el, Bourke, G., Daly, L., Graham, I., Hickey, N., Mulcahy, R. und Kevaney, J. (1985) „Diet and 20-Year Mortality from Coronary Heart Disease - The Ireland-Boston Diet-Heart Study“, *The New England Journal of Medicine*, 312(13), S. 811–818.
- Laitinen, J., Ek, E. und Sovio, U. (2002) „Stress-related eating and drinking behavior and

- body mass index and predictors of this behavior.“, *Previews Medicine*, 34(1), S. 29–39.
- Lampert, T., Kröll, L., Müters, S. und Stolzenberg, H. (2013) „Messung des sozioökonomischen Status in der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5–6), S. 631–636. doi: 10.1007/s00103-012-1663-4.
- Lee, P. H. (2014) „Is a Cutoff of 10% Appropriate for the Change-in-Estimate Criterion of Confounder Identification?“, *Journal of Epidemiology*, 24(2), S. 161–167.
- Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R. und Collins, R. (2002) „Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: A meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies.“, *Lancet*, 360(1903–13), S. 1903–1913.
- Liu, S., Willett, W. C., Stampfer, M. J., Hu, F. B., Franz, M., Sampson, Laura Hennekens, C. H. und Manson, J. E. (2000) „A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women“, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6), S. 1455–1461.
- Löffler, G. und Müller, M. (2014) „Mechanismen der Glucosehomöostase“, in Heinrich, P. C., Müller, M., und Graeve, L. (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. 9. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 199–213.
- Lowik, M. R., Hulshof, K. F. und Brussaard, J. H. (1999) „Food-based dietary guidelines: some assumptions tested for The Netherlands“, *British Journal of Nutrition*. 2000/09/22, 81 Suppl 2, S. S143-9.
- Lu, W., Chen, H., Niu, Y., Wu, H., Xia, D. und Wu, Y. (2016) „Dairy products intake and cancer mortality risk: a meta-analysis of 11 population-based cohort studies“, *Nutrition Journal*. Nutrition Journal, 15(1), S. 91. doi: 10.1186/s12937-016-0210-9.
- Macdiarmid, J. und Blundell, J. (1998) „Assessing dietary intake: Who, what and why of under-reporting“, *Nutrition Research Reviews*, 11(2), S. 231–253. doi: 10.1079/NRR19980017.
- Madden, J. und Yoder, M. (1972) „Program evaluation: Food stamps and commodity distribution in rural areas of central Pennsylvania“, *Bulletin Pennsylvania Agricultural Experiment Station*, 78, S. 1–119.
- McCabe-Sellers, B. J., Bowman, S., Stuff, J. E., Champagne, C. M., Simpson, P. M. und Bogle, M. L. (2007) „Assessment of the diet quality of US adults in the Lower Mississippi Delta“, *American Journal of Clinical Nutrition*, 86(3), S. 697–706. doi: 86/3/697 [pii].
- Mcnaughton, S. A., Dunstan, D. W., Ball, K., Shaw, J. und Crawford, D. (2009) „Dietary Quality Is Associated with Diabetes“, *The Journal of Nutrition*, 139(6), S. 734–742. doi: 10.3945/jn.108.096784.correspond.
- Mensink, G. B. M., Schienkiewitz, A., Haftenberger, M., Lampert, T., Ziese, T. und Scheidt-Nave, C. (2013) „Übergewicht und Adipositas in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5/6), S. 786–794. doi: 10.1007/s00103-012-1656-3.
- Mensink, G. und Burger, M. (2004) „Was isst du? Ein Verzehrshäufigkeitsfragebogen für Kinder und Jugendliche“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 47(3), S. 219–226. doi: 10.1007/s00103-003-0794-z.
- Middeke, M. (2005) *Arterielle Hypertonie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.

- Mittag, H.-J. (2014) *Statistik: Eine Einführung mit interaktiven Elementen*. 3. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Moll, R. und Davis, B. (2017) „Iron, vitamin B 12 and folate“, *Medicine*. Elsevier Ltd, 45(4), S. 198–203. doi: 10.1016/j.mpmed.2017.01.007.
- Montgomery, J. E. und Brown, J. R. (2013) „Metabolic biomarkers for predicting cardiovascular disease“, *Vascular Health and Risk Management*, 9, S. 37–45. doi: 10.2147/VHRM.S30378.
- Morland, K., Wing, S. und Diez Roux, A. (2002) „The contextual effect of the local food environment on residents' diets: the atherosclerosis risk in communities study.“, *American Journal of Public Health*, 92(11), S. 1761–1767.
- Mozaffarian, D. und Rimm, E. B. (2006) „Fish Intake, Contaminants, and Human Health“, *Journal of the American Medical Association*, 296(15), S. 1885–1900. doi: 10.1001/jama.296.15.1885.
- MRI (2015) *Ernährungsphysiologische Bewertung von Milch und Milchprodukten und ihren Inhaltsstoffen*. Verfügbar unter: Ernährungsphysiologische Bewertung von Milch und Milchprodukten und ihren Inhaltsstoffen.
- MRI und Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (2008) *Nationale Verzehrsstudie II*. Karlsruhe.
- Nazionale, I., Ardeatina, V., Hanley, I. B., Branca, F., Hanley, a. B., Pool-Zobel, B. und Verhagen, H. (2001) „Biomarkers in disease and health“, *British Journal of Nutrition*, 86(1), S. S55–S92. doi: 10.1079/BJN2001339.
- Nesheim, M. C. und Yaktine, A. L. (2007) *Seafood Choices: Balancing Benefits and Risks*. Washington: The National Academic Press Washington.
- Neuhauser, H., Thamm, M. und Ellert, U. (2013) „Blutdruck in Deutschland 2008-2011: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5–6), S. 795–801. doi: 10.1007/s00103-013-1669-6.
- Neuhouser, M. L., Patterson, R. E., King, I. B., Horner, N. K. und Lampe, J. W. (2003) „Selected nutritional biomarkers predict diet quality“, *Public Health Nutrition*, 6(7), S. 703–709. doi: Doi 10.1079/Phn2003486.
- Neumeister, B., Böhm, B. O., Beneke, H., Claudi-Böhm, S., Gerhardt, A., Manfras, B. und Plonne, D. (2015) *Klinikleitfaden Labordiagnostik*. 5. Aufl. Herausgegeben von B. Neumeister und B. O. Böhm. München: Elsevir GmbH.
- Newby, P. K. und Tucker, K. L. (2004) „Empirically derived eating patterns using factor or cluster analysis: a review.“, *Nutritional Review*, 62(5), S. 177–203.
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B. und Graetz, N. (2014) „Global, regional and national prevalence of overweight and obesity in children and adults 1980-2013: A systematic analysis“, *Lancet*, 384(9945), S. 766–781. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8.Global.
- Nicklas, T. A., Neil, C. E. O. und Fulgoni, V. L. (2012) „Diet Quality Is Inversely Related to Cardiovascular Risk Factors in Adults“, *The Journal of Nutrition*, 142(12), S. 2112–2118. doi: 10.3945/jn.112.164889.majority.
- O’Leary, F. und Samman, S. (2010) „Vitamin B12 in Health and Disease“, *Nutrients*, 2(3), S.

299–316. doi: 10.3390/nu2030299.

Oberritter, H., Schäbenthal, K., Ruesten, A. von und Boeing, H. (2013) „Der DGE-Ernährungskreis - Darstellung und Basis der lebensmittelbezogenen Empfehlungen der DGE“, *Ernährungs Umschau*, 60(2), S. 24–29. doi: 10.4455/eu.2013.004.

Ocke, M. C. (2013) „Evaluation of methodologies for assessing the overall diet: dietary quality scores and dietary pattern analysis“, *Proceedings of the Nutrition Society*, 72(2), S. 191–199. doi: 10.1017/S0029665113000013.

Ohlsson, L. (2010) „Dairy products and plasma cholesterol levels.“, *Food & Nutrition Research/nutrition research*, 54(1), S. 1–9. doi: 10.3402/fnr.v54i0.5124.

Patterson, R. E., Haines, P. S. und Popkin, B. M. (1994) „Diet quality index: capturing a multidimensional behavior“, *Journal of the American Dietetic Association*. 1994/01/01, 94(1), S. 57–64. Verfügbar unter:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002822394920427>.

Pelz, I., Pohlabein, H., Reineke, A. und Ahrens, W. (2013) „Externe Qualitätssicherung der ersten Welle der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 56(5–6), S. 637–642. doi: 10.1007/s00103-013-1685-6.

Plonné, D. (2015) „Lipoproteinstoffwechsel“, in Neumeister, B., Böhm, B. O., Beneke, H., Claudi-Böhm, S., Gerhardt, A., Manfras, B., und Plonne, D. (Hrsg.) *Klinikleitfaden Labordiagnostik*. 5. Aufl. München: Elsevir GmbH, S. 145–169.

Popkin, B. M. und Gordon-Larsen, P. (2004) „The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants.“, *International Journal of Obesity*, 28(3), S. S2-9. doi: 10.1038/sj.ijo.0802804.

Population Reference Bureau (2008) „Use of Biomarkers in Predicting Health and Mortality“, *Today's Reserach on Aging*, (14), S. 1–6.

Potischman, N. und Freudenheim, J. L. (2003) „Biomarkers of Nutritional Exposure and Nutritional Status: An Overview“, *American Society for Nutritional Sciences*, 133(3), S. 873S–874S. doi: 10.1091/mbc.E05.

Prinz, C. und Ott, I. (2012) „Gefäße“, in Prinz, C., Dittgen, L., Gaa, J., Henke-Luedecke, U., Ott, I., Schneller, F., und Umgelter, A. (Hrsg.) *Basiswissen Innere Medizin*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag, S. 29–51.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. und Naumann, E. (2014) *Quantitative Methoden 1: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. 4. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

RKI (2016) „Alkoholkonsum von Erwachsenen in Deutschland: Riskante Trinkmengen, Folgen und Maßnahmen“, *Journal of Health Monitoring*, 29(12), S. 1–42. doi: 10.17886/RKI-GBE-2016-041.

RKI und Destatis (2015) *Gesundheit in Deutschland, Gesundheitsberichterstattung des Bundes*. Herausgegeben von Robert Koch-Institut. Berlin: Robert Koch-Institut.

Robert Koch-Institut (2009a) *Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes. DEGS – Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland. Projektbeschreibung*. Berlin.

Verfügbar unter:

[http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsB/degs\\_projektbeschr.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Gesundheitsberichterstattung/GBEDownloadsB/degs_projektbeschr.pdf?__blob=publicationFile).



- Robert Koch-Institut (2009b) „Epidemiologisches Bulletin 45/2009“, (45), S. 1–12.
- Robert Koch-Institut (2016) „Journal of Health Monitoring“, *Journal of Health Monitoring FACT SHEET Journal of Health Monitoring*, 12(2), S. 26–30. doi: 10.17886/RKI-GBE-2016-041.
- Ronksley, P. E., Brien, S. E., Turner, B. J., Mukamal, K. J. und Ghali, W. A. (2011) „Association of alcohol consumption with selected cardiovascular disease outcomes: a systematic review and meta-analysis“, *The British Medical Journal*, 342(d671), S. 1–13. doi: 10.1136/bmj.d671.
- Ruesten, A. von, Illner, A.-K., Buijsse, B., Heidemann, C. und Boeing, H. (2010) „Adherence to recommendations of the German food pyramid and risk of chronic diseases: results from the EPIC-Potsdam study.“, *European Journal of Clinical Nutrition*. Nature Publishing Group, 64(11), S. 1251–1259. doi: 10.1038/ejcn.2010.151.
- Rüsten, A. von, Feller, S. und Boeing, H. (2011) „Beeinflusst die Einhaltung der Empfehlungen des DGE-Ernährungskreises das Risiko für chronische Erkrankungen? Berechnung eines Healthy Eating Index - Daten der EPIC-Potsdam-Studie“, *Ernährungs Umschau*, 5, S. 242–249.
- Rüsten, A. von, Illner, A.-K., Boeing, H. und Flothkötter, M. (2009) „Die Bewertung der Lebensmittelaufnahme mittels eines ‚Healthy Eating Index‘ (HEI-EPIC)“, *Ernährungs Umschau*, 8, S. 450–456.
- Sacks, F. M., Svetkey, L. P., Vollmer, W. M., Appel, L. J., Bray, G. A., Harsha, D., Obarzanek, E., Conlin, P. R., Miller, E. R., Simons-Morton, D., Karanja, N., Lin, P.-H., Aickin, M., Most-Windhauser, M. M., Moore, T. J., Proschan, M. A. und Cutler, J. A. (2001) „Effects on Blood Pressure of Reduced Dietary Sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) Diet“, *The New England Journal of Medicine*, 344(1), S. 3–10.
- Salmerón, J., Manson, J. E., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Wing, A. L. und Willet, W. C. (1997) „Dietary Fiber, Glycemic Load, and Risk of Non-insulin-dependent Diabetes Mellitus in Women“, *Journal of the American Medical Association*, 277(6), S. 472–477.
- Smith, W. T., Webb, K. L. und Heywood, P. F. (1994) „The Implications of underreporting in dietary studies“, *Australian Journal of Public Health*, 18(3), S. 311–314.
- Sonestedt, E., Hellstrand, S., Drake, I., Schulz, C. A., Ericson, U., Hlebowicz, J., Persson, M. M., Gullberg, B., Hedblad, B., Engström, G. und Orho-Melander, M. (2016) „Diet Quality and Change in Blood Lipids during 16 years of Follow-up and Their Interaction with Genetic Risk for Dyslipidemia“, *Nutrients*, 8(5), S. 1–14. doi: 10.3390/nu8050274.
- Sorenson, A. W., Wyse, B. W., Wittwer, A. J. und Hansen, R. G. (1976) „An Index of Nutritional Quality for a balanced diet. New help for an old problem“, *Journal of the American Dietetic Association*. 1976/03/01, 68(3), S. 236–242.
- Stahl, A. und Hesecker, H. (2007) „Vitamin B 12 (Cobalamine). Physiologie, Vorkommen, Analytik, Referenzwerte und Versorgung in Deutschland“, *Ernährungs Umschau*, 10, S. 594–601.
- Stahl, A. und Hesecker, H. (2012) „Eisen. Physiologie, Funktionen, Vorkommen, Referenzwerte und Versorgung in Deutschland“, *Ernährungs Umschau*, 6, S. 346–353.
- Staiger, H., Stefan, N., Kellerer, M. und Häring, H.-U. (2014) „Insulin - das wichtigste anabole Hormon“, in Heinrich, P. C., Müller, M., und Graeve, L. (Hrsg.) *Biochemie und Pathobiochemie*. 9. Aufl. Berlin Heidelberg, S. 442–458. doi: 10.1007/978-3-540-32681-6.

- Statistisches Bundesamt (2015) *Gesundheit. Todesursachen in Deutschland, Wirtschaft und Statistik*. doi: 2120400107004.
- Strassburg, A. (2010) „Ernährungserhebungen Methoden und Instrumente“, *Ernährungs Umschau*, 10(8), S. 423–430.
- Subar, A. F., Thompson, F. E., Kipnis, V., Midthune, D., Hurwitz, P. und Mcnutt, S. (2001) „Comparative Validation of the Block, Willett, and National Cancer Institute Food Frequency Questionnaires“, *American Journal of Epidemiology*, 154(12), S. 1089–1099.
- Swinburn, B. A., Sacks, G., Hall, K., McPherson, K., Finegood, D. T., Moodie, M. L. und Gortmaker, S. (2011) „The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments“, *The Lancet*, 378(9793), S. 804–814. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60813-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60813-1) showArticle Info.
- Swinburn, B., Sacks, G. und Ravussin, E. (2009) „Increased food energy supply is more than sufficient to explain the US epidemic of obesity“, *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(6), S. 1453–1456. doi: 10.3945/ajcn.2009.28595.
- The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) (2013) „2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension“, *European Heart Journal*, 34(28), S. 2159–2219. doi: 10.1093/eurheartj/eh151.
- Thefeld, W., Stolzenberg, H. und Bellach, B.-M. (1999) „Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Responder- Analyse“, *Gesundheitswesen*, 61(Sonderheft 2), S. 57–61. Verfügbar unter: [https://www.thieme.de/statics/dokumente/thieme/final/de/dokumente/zw\\_das-gesundheitswesen/gesu-suppl\\_klein.pdf](https://www.thieme.de/statics/dokumente/thieme/final/de/dokumente/zw_das-gesundheitswesen/gesu-suppl_klein.pdf) (Zugegriffen: 25. Mai 2017).
- Toft, U., Kristoffersen, L. H., Lau, C., Borch-Johnsen, K. und Jørgensen, T. (2007) „The Dietary Quality Score: validation and association with cardiovascular risk factors: the Inter99 study“, *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(2), S. 270–278. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602503.
- Truthmann, J., Richter, A., Thiele, S., Drescher, L., Roosen, J. und Mensink, G. B. M. (2012) „Associations of dietary indices with biomarkers of dietary exposure and cardiovascular status among adolescents in Germany“, *Nutrition & Metabolism*, 9(1), S. 1–14. doi: 10.1186/1743-7075-9-92.
- Undeland, I., Lindqvist, H., Yun, Y., Falch, E., Ramel, A., Cooper, M., Gildberg, A., Luten, J., Stenberg, E., Nielsen, H. H. und Elvevoll, E. (2009) „Marine functional food“, in Luten, J. B. (Hrsg.) *Seafood and health: what is the full story?* Wageningen: Wageningen Academic Publishers, S. 17–87.
- Upadhyay, R. K. (2015) „Emerging Risk Biomarkers in Cardiovascular Diseases and Disorders“, *Journal of Lipids*, 2015, S. 1–50. doi: 10.1155/2015/971453.
- Vyncke, K., Cruz Fernandez, E., Fajó-Pascual, M., Cuenca-García, M., De Keyzer, W., Gonzalez-Gross, M., Moreno, L. a., Beghin, L., Breidenassel, C., Kersting, M., Albers, U., Diethelm, K., Mouratidou, T., Grammatikaki, E., De Vriendt, T., Marcos, A., Bammann, K., Börnhorst, C., Leclercq, C., Manios, Y., Dallongeville, J., Vereecken, C., Maes, L., Gwozdz, W., Van Winckel, M., Gottrand, F., Sjöström, M., Díaz, L. E., Geelen, A., Hallström, L., Widhalm, K., Kafatos, A., Molnar, D., De Henauw, S. und Huybrechts, I. (2013) „Validation of the Diet Quality Index for Adolescents by comparison with biomarkers, nutrient and food intakes: the HELENA study“, *British Journal of Nutrition*, 109(11), S. 2067–2078. doi: 10.1017/S000711451200414X.

- Wahlqvist, M. L., Lo, C. S. und Myers, K. A. (1989) „Food Variety Is Associated with Less Macrovascular Disease in Those with Type II Diabetes and Their Healthy Controls“, *Journal of the American College of Nutrition*. 1989/12/01, 8(6), S. 515–523.
- Waijers, P. M. C. M., Feskens, E. J. M. und Ocke, M. C. (2007) „A critical review of predefined diet quality scores“, *British Journal of Nutrition*. 2007/02/15, 97(2), S. 219–231. doi: 10.1017/s0007114507250421.
- Wang, F., Zheng, J., Yang, B., Jiang, J., Fu, Y. und Li, D. (2015) „Effects of Vegetarian Diets on Blood Lipids: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials“, *Journal of the American Heart Association*, 4(10), S. 1–14. doi: 10.1161/JAHA.115.002408.
- WCRF und AICR (2007) *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective*. Washington. doi: 978-0-9722522-2-5.
- Weinstein, S. J., Vogt, T. M. und Gerrior, S. A. (2004) „Healthy Eating Index Scores Are Associated with Blood Nutrient Concentrations in the Third National Health and Nutrition Examination Survey“, *Journal of the American Dietetic Association*, 104(4), S. 576–584. doi: 10.1016/j.jada.2004.01.005.
- WHO (2002a) *Globalization, Diets and Noncommunicable Diseases*. Genua. doi: 9241590416.
- WHO (2002b) *The World Health Report 2002. Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. Genua.
- WHO (2003) *Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases, WHO Technical Report Series*.
- WHO (2008) *The Global Burden of Disease: 2004 update*. doi: 10.1038/npp.2011.85.
- WHO (2009) „Global Health Risks: Mortality and burden of disease attributable to selected major risks“, *Bulletin of the World Health Organization*, 87, S. 646–646. doi: 10.2471/BLT.09.070565.
- WHO (2011) *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. doi: 978 92 4 156422 9.
- WHO (2017) *Noncommunicable diseases*. Verfügbar unter: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/en/>.
- WHO / WEF (2008) *Preventing Noncommunicable Diseases in the Workplace through Diet and Physical Activity*. doi: ISBN 978 92 4 159632 9.
- WHO und CDCP (2007) *Assessing the iron status of populations*.
- Widhalm, K. und Miklautsch, M. (2009) *Ernährungsmedizin*. Kurt Widha. Deutscher Ärzte-Verlag Köln. Verfügbar unter: [https://books.google.de/books?id=eCI7BfJOMjsC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs\\_g\\_e\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.de/books?id=eCI7BfJOMjsC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_g_e_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
- Willett, W. C. und Stampfer, M. J. (2013) „Current Evidence on Healthy Eating“, *Annual Review of Public Health*, 34(1), S. 77–95. doi: 10.1146/annurev-publhealth-031811-124646.
- Wirt, A. und Collins, C. E. (2009) „Diet quality - what is it and does it matter?“, *Public Health Nutrition*, 12(12), S. 2473–2492. doi: 10.1017/S136898000900531X.
- Wolfram, G., Bechthold, A., Boeing, H., Ellinger, S., Hauner, H., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Linseisen, J., Lorkowski, S., Schulze, M., Stehle, P. und Dinter, J. (2015) „Evidence-

Based Guideline of the German Nutrition Society: Fat Intake and Prevention of Selected Nutrition-Related Diseases“, *Annals of Nutrition and Metabolism*, 67(3), S. 141–204. doi: 10.1159/000437243.

Wong, J. E., Skidmore, P. M. L., Williams, S. M. und Parnell, W. R. (2014) „Healthy Dietary Habits Score as an Indicator of Diet Quality in New Zealand Adolescents“, *Journal of Nutrition*, S. 937–942. doi: 10.3945/jn.113.188375.937.

Zyriax, B.-C. und Windler, E. (2010) „Fettstoffwechselstörungen und Prävention der koronaren Herzkrankheit“, *Ernährungs Umschau*, 12, S. 656–666.

# Anhang

## Anhangsverzeichnis

- A. Orientierungswerte für Erwachsene nach den Lebensmittelgruppen im DGE-Ernährungskreis
- B. Normalbereiche der für die Zusammenhangsanalyse ausgewählten Biomarker
- C. Übersicht über die analysierten Laborparameter mit jeweilig angewandter Labormethode und verwendetem Gerätetypus
- D. Lebensmittel(gruppen) des FFQ mit ihrem jeweiligen Standard und der entsprechenden Portionsmenge in Gramm
- E. Berechnung der mittleren Verzehrmenge und des durchschnittlichen Kaloriengehaltes für die Lebensmittelgruppe Süßigkeiten und Snacks
- F. Berechnung der mittleren Verzehrmenge und des durchschnittlichen Kaloriengehaltes für die Lebensmittelgruppe zuckerhaltige Getränke
- G. Verteilung der Einzelmissings auf die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1
- H. Mittelwerte der Verzehrmenen der Lebensmittelgruppen in den Quintilen des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht

**A. Orientierungswerte für Erwachsene nach den Lebensmittelgruppen im DGE-Ernährungskreis (DGE, 2017a)**

Lebensmittelgruppen	Orientierungswerte für Erwachsene
<b>Gruppe 1:</b> Getreide, Getreideprodukte, Kartoffeln	täglich - 4 - 6 Scheiben (200 - 300 g) Brot <b>oder</b> 3 - 5 Scheiben (150 - 250 g) Brot und 50 - 60 g Getreideflocken und - 1e Portion (200 - 250 g) Kartoffeln (gegart) <b>oder</b> 1e Portion (200 - 250 g) Nudeln (gegart) <b>oder</b> 1e Portion (150 - 180 g) Reis (gegart)
<b>Gruppe 2:</b> Gemüse und Salat	täglich - mindestens 3 Portionen (400 g) Gemüse 300 g gegartes Gemüse und 100 g Rohkost/Salat <b>oder</b> 200 g gegartes Gemüse und 200 g Rohkost/Salat
<b>Gruppe 3:</b> Obst	täglich - mindestens 2 Portionen (250 g) Obst
<b>Gruppe 4:</b> Milch- und Milchprodukte	täglich - 200 - 250 g fettarme Milch und Milchprodukte und - 2 Scheiben (50 - 60 g) fettarmer Käse
<b>Gruppe 5:</b> Fleisch, Wurst, Fisch und Eier	wöchentlich - 300 - 600 g fettarmes Fleisch und fettarme Wurst <b>und</b> - 1e Portion (80 - 150 g) fettarmer Seefisch (zubereitet) <b>und</b> - 1e Portion (70 g) fettreicher Seefisch (zubereitet) <b>und</b> - bis zu 3 Eier
<b>Gruppe 6:</b> Öle und Fette	täglich - 10 - 15 g Öl <b>und</b> - 15 - 30 g Margarine oder Butter
<b>Gruppe 7:</b> Getränke	täglich - rund 1,5 Liter bevorzugt energiefreie/-arme Getränke

**B. Normalbereiche der für die Zusammenhangsanalyse ausgewählten Biomarker (Chobanian u. a., 2003; The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC), 2013; Neumeister u. a., 2015)**

Parameter	Normalbereich	Einheit
<b>Blutzucker und Insulin</b>		
HBA1c	4 - 6	%
Glucose	< 100	mg/dl
Insulin	3 - 17	µU/ml, bzw. mU/l
<b>Blutdruck</b>		
Systolischer Blutdruck	<139	mmHg
Diastolischer Blutdruck	<89	mmHg
<b>Serumlipide</b>		
Gesamtcholesterin	< 200	mg/dl
HDL-Cholesterin	40 - 60	mg/dl

LDL-Cholesterin	100 - 130	mg/dl
Triglyzeride	< 150	mg/dl
<b>Nährstoffe</b>		
Ferritin	Männer: 20 - 500 Frauen: 15 - 250	ng/ml, bzw. µg/l
Folsäure	> 4	ng/ml
Vitamin B <sub>12</sub>	> 250	pg/ml
25(OH) Vitamin D*	50 - 150	nmol/l

\* Da die Bildung von der Sonnenexposition abhängig ist, ergeben jahreszeitliche Schwankungen

### C. Übersicht über die analysierten Laborparameter mit jeweilig angewandter Labormethode und verwendetem Gerätetypus

Laborparameter mit analytischer Einheit	Labormethode	Gerätetypus
<b>Blutzucker und Insulin</b>		
HbA <sub>1c</sub> (%)	Micropartikel Immunturbidimetrie	Architect/Abbott
Glucose mmol/l	Hexokinase/G-6-PDH	Architect/Abbott
Insulin µU/ml	Chemilumineszenz-Immunoassay (CLIA)	Architect/Abbott
<b>Serumlipide</b>		
Gesamtcholesterin (mmol/l)	Enzymatisches Verfahren	Architect/Abbott
HDL-Cholesterin (mmol/l)	Beschleunigte enzymatische Reaktion/selektives Lösungsmittel	Architect/Abbott
LDL-Cholesterin (mmol/l)	Selektive Auflösung von LDL-Partikeln unter Farbstoffbildung	Architect/Abbott
Triglyceride (mmol/l)	Glycerinphosphat-Oxidase	Architect/Abbott
<b>Nährstoffe</b>		
Ferritin (ng/ml)	Chemilumineszenz-Mikropartikelimmunoassays (CMIA)	Architect/Abbott
Folsäure (ng/ml)	Chemilumineszenz-Mikropartikelimmunoassays (CMIA)	Architect/Abbott
Vitamin B <sub>12</sub> (pg/ml)	Chemilumineszenz-Mikropartikelimmunoassays (CMIA) indirekt	Architect/Abbott
Vitamin D (nmol/l)	Direkter kompetitiver Chemilumineszenz-Immunoassay	Liaison/Dia Sorin Liaison II/Dia Sorin

**D. Lebensmittel(gruppen) des FFQ mit ihrem jeweiligen Standard und der entsprechenden Portionsmenge in Gramm**

Frage Nr.	Lebensmittel(gruppe)	Standard	Menge (g) Standard
1	Milch	1 Glas (200 ml)	200
2	Zuckerhaltige Erfrischungsgetränke	1 Glas (200 ml),	200
3	Kalorienred. Erfrischungsgetränke	1 Glas (200 ml)	200
4	Fruchtsaft	1 Glas (200 ml)	200
5	Gemüsesaft	1 Glas (200 ml)	200
6	Mineralwasser, Leitungswasser	1 Glas (200 ml)	200
7	Früchte-, Kräutertee	1 Tasse (150 ml)	150
8	Schwarzer, grüner Tee	1 Tasse (150 ml)	150
9	Kaffee	1 Tasse (150 ml)	150
10	Bier	1 Flasche (330 ml)	330
11	Alkoholfreies Bier	1 Flasche (330 ml)	330
12	Wein, Sekt, Obstwein	1 Glas (125 ml)	125
13	Cocktails, alk. Mischgetränke	1 Getränk	200
14	Hochprozentige alk. Getränke	1 Glas (2 cl)	20
15	Cornflakes	1 Schale	20
16	Müsli	1 Schale	50
17	Vollkornbrot, -brötchen	1 Scheibe/ Brötchen	50
18	Grau-, Mischbrot	1 Scheibe/ Brötchen	50
19	Weißbrot, -brötchen	1 Scheibe/ Brötchen	50
20	Butter, Margarine	1 Teelöffel	5
21	Frischkäse	1 Esslöffel	15
22	Käse	1 Scheibe/ Portion	30
23	Quark, Joghurt, Dickmilch	1 Becher	200
24	Honig, Marmelade	1 Teelöffel	10
25	Nuss-Nougatcreme	1 Teelöffel	10
26	Eier	1 Ei	60
27	Geflügel	1 Portion	150
28	Hamburger, Döner	1 Portion Fleisch pro Portion *	275 75
29	Bratwurst, Currywurst	1 Portion	150
30	Fleisch	1 Portion	120
31	Wurst	1 Scheibe	20
32	Schinken	1 Scheibe	20
33	Kalter Fisch	1 Portion	90
34	Fisch als warme Mahlzeit	1 Portion	90
35	Frisches Obst	1 Stück/ Schale	150
36	Gegartes Obst, Konservenobst	1 Schale	150
37	rohes Gemüse	1 Portion	150
38	Hülsenfrüchte	1 Portion	150
39	Gegartes Gemüse	1 Portion	150
40	Nudeln	1 Teller	125
41	Reis	1 Portion	150
42	Gekochte Kartoffeln	1 Portion, 2 Kartoffeln	175
43	gebratene Kartoffeln	1 Teller	150
44	Pommes Frites	1 Portion	150
45	Pizza	1 Portion	350
46	Kuchen, Torten, süße Backwaren	1 Stück	100



<b>47</b>	Kekse	3 Kekse	15
<b>48</b>	Schokolade, Schokoriegel	1 Tafel/ 2 Riegel	100
<b>49</b>	Süßigkeiten	6-10 Stück	16
<b>50</b>	Eis	1 Kugel	75
<b>51</b>	Kartoffelchips	1 Schale	40
<b>52</b>	Salzgebäck, Cracker	1 Schale	50
<b>53</b>	Nüsse	1 Portion	25

**E. Berechnung der mittleren Verzehrmenge und des durchschnittlichen Kaloriengehaltes für die Lebensmittelgruppe Süßigkeiten und Snacks**

Lebensmittel der Lebensmittelgruppe Süßigkeiten und Snacks	kcal pro g*	mittlere Verzehrmenge in g	prozentualer Anteil an der Gesamtverzehrmenge (%)	kcal/g * %
Kuchen, Torten oder süße Backwaren	2,74	31,8	0,39	1,06
Kekse	3,26	3,3	0,04	0,13
Schokolade oder Schokoriegel	5,19	14,6	0,18	0,92
Süßigkeiten	3,68	3,7	0,05	0,17
Eis	1,86	14,4	0,18	0,33
Kartoffelchips	5,54	1,8	0,02	0,12
Salzgebäck oder Cracker	3,77	1,6	0,02	0,07
Honig oder Marmelade	2,82	9,2	0,11	0,32
Nuss-Nougatcreme	5,31	1,7	0,02	0,11
<b>Insgesamt</b>		<b>82,1</b>	<b>1</b>	<b>3,23</b>

\* Der Kaloriengehalt der Lebensmittel beruht auf bisher unveröffentlichten Berechnungen des Ernährungssurveys 98

**F. Berechnung der mittleren Verzehrmenge und des durchschnittlichen Kaloriengehaltes für die Lebensmittelgruppe zuckerhaltige Getränke**

Lebensmittel der Lebensmittelgruppe zuckerhaltige Erfrischungsgetränke	kcal pro g*	mittlere Verzehrmenge in g	prozentualer Anteil an der Gesamtverzehrmenge (%)	kcal/g * %
zuckerhaltige Erfrischungsgetränke	0,44	197,2	0,62	0,27
Fruchtsaft	0,46	122,2	0,38	0,18
<b>Insgesamt</b>		<b>319,4</b>	<b>1</b>	<b>0,45</b>

\* Der Kaloriengehalt der Lebensmittel beruht auf bisher unveröffentlichten Berechnungen des Ernährungssurveys 98

### G. Verteilung der Einzelmissings auf die Lebensmittelgruppen des HEI-DEGS1

<b>Gruppe</b>	<b>Lebensmittel</b>	<b>Anzahl fehlender Werte</b>
<b>1</b>	Getränke	75
<b>2</b>	Gemüse	17
<b>3</b>	Obst	15
<b>4</b>	Getreide	9
<b>5</b>	Beilagen	24
<b>6</b>	Nüsse	29
<b>7</b>	Milch und Milchprodukte	18
<b>8</b>	Käse	4
<b>9</b>	Eier	6
<b>10</b>	Fisch	4
<b>11</b>	Fleisch und Wurst	20
<b>12</b>	Fett	8
<b>13</b>	Süßigkeiten und Snacks	34
<b>14</b>	Zuckerhaltige Getränke	18
<b>15</b>	Alkohol	0
<b>Fehlende Werte insgesamt:</b>		<b>281</b>

## H. Mittelwerte der Verzehrsmengen der Lebensmittelgruppen in den Quintilen des HEI-DEGS1 getrennt nach Geschlecht

			Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Gruppe	Lebensmittel	Einheit	Männer				
1	Getränke	g/Tag	3008	2763	2700	2608	2767
2	Gemüse	g/Tag	73	105	128	138	174
3	Obst	g/Tag	142	214	277	291	348
4	Getreide	g/Tag	177	173	202	193	219
5	Beilagen	g/Tag	151	145	152	171	175
6	Nüsse	g/Tag	1	2	2	2	4
7	Milch und Milchprodukte	g/Tag	396	380	389	313	275
8	Käse	g/Tag	25	26	30	34	37
9	Ei	g/Woche	151	132	131	144	121
10	Fisch	g/Woche	121	118	142	144	154
11	Fleisch und Wurst	g/Woche	1488	1071	994	865	745
12	Fett	g/Tag	11	10	12	11	12
13	Süßigkeiten und Snacks	g/Tag	107	90	80	85	76
14	Zuckerhaltige Getränke	g/Tag	861	513	417	223	124
15	Alkohol	g/Tag	19	14	12	9	8
Gruppe	Lebensmittel	Einheit	Frauen				
1	Getränke	g/Tag	3326	3101	3131	3116	3058
2	Gemüse	g/Tag	86	116	152	181	221
3	Obst	g/Tag	167	234	325	341	411
4	Getreide	g/Tag	112	118	135	152	172
5	Beilagen	g/Tag	111	120	134	139	156
6	Nüsse	g/Tag	1	1	2	2	4
7	Milch und Milchprodukte	g/Tag	370	377	379	362	311
8	Käse	g/Tag	20	24	27	32	37
9	Ei	g/Woche	102	94	98	97	101
10	Fisch	g/Woche	87	91	116	127	146
11	Fleisch und Wurst	g/Woche	852	711	642	588	510

12	Fett	g/Tag	8	8	9	9	9
13	Süßigkeiten und Snacks	g/Tag	86	90	87	77	69
14	Zuckerhaltige Getränke	g/Tag	740	343	342	168	76
15	Alkohol	g/Tag	8	6	5	4	3

## **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung von anderen als den angegebenen Hilfsmitteln und Quellen angefertigt habe.

Potsdam, den 06.10.2017

---

Daria-Alina Kuhn