



**UNIVERSITÄT PADERBORN**  
*Die Universität der Informationsgesellschaft*



## **Energy-Misreporting in der NVS II: Identifikation, Charakteristika und Auswirkungen von Low-Energy-Reportern**

### **Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)  
der Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Paderborn

**vorgelegt von**

Rhea Dankers, M. Sc. Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften  
im April 2020



## **Gutachter**

Erster Gutachter: Prof. Dr. Helmut Heseker

Zweite Gutachterin: Prof. Dr. Sarah Egert



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich während meines Studiums und meiner Promotion unterstützt und begleitet haben.

Mein Dank gilt an erster Stelle Herrn Prof. Dr. Helmut Heseker, der mir die Promotion an der Universität ermöglicht und mich stets mit konstruktiven Anregungen unterstützt hat. Vielen Dank auch an Frau Prof. Dr. Sarah Egert für die Bereitschaft, das Zweitgutachten zu übernehmen.

Ein großes Dankeschön möchte ich außerdem in den Norden nach Kiel senden. Zum einen möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Mario Hasler für seine Hilfsbereitschaft, die wertvollen Hinweise und für all die Antworten auf meine Statistik-Fragen bedanken. Frau PD Dr. Sandra Plachta-Danielzik danke ich dafür, dass sie mich überhaupt erst auf die Idee der Promotion gebracht hat.

Claudia und Julia möchte ich danken für die Zeit und das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Ein großes Dankeschön geht an das gesamte Kollegium des Instituts für Ernährung, Konsum und Gesundheit der Universität Paderborn, und insbesondere an Julia, für die tolle und lockere Arbeitsatmosphäre, für die Hilfsbereitschaft und die offenen Türen.



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Abkürzungen .....</b>	I
<b>Abbildungen .....</b>	II
<b>Tabellen .....</b>	III
<b>1 Einleitung .....</b>	1
<b>2 Hintergrund .....</b>	3
2.1 Identifikation von und Umgang mit Misreporting .....	3
2.2 Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting .....	5
2.2.1 Goldberg-Cut-off .....	5
2.2.2 Vergleich von protokollierter Energiezufuhr mit dem geschätzten Energiebedarf .....	9
2.3 Stand der Wissenschaft – Studienübersicht .....	10
2.3.1 Studieneigenschaften und Prävalenz von Misreporting .....	10
2.3.2 Personenbezogene Faktoren und Merkmale von LER .....	14
2.3.3 Auswirkungen von Misreporting .....	18
2.4 Definition von Ernährungsmustern .....	23
<b>3 Material und Methoden .....</b>	24
3.1 Identifikation von Misreporting .....	24
3.2 Lebensmittelgruppierung .....	26
3.3 Nährstoffversorgung - Vergleich mit den D-A-CH-Referenzwerten .....	26
3.4 Charakterisierung verschiedener Ernährungsmuster .....	27
3.5 Statistische Auswertung .....	30
3.6 Datengrundlage und Studienpopulation .....	34
<b>4 Ergebnisse .....</b>	36
4.1 Prävalenz von Misreporting .....	36
4.2 Charakteristika von Misreportern .....	38
4.3 Lebensmittelverzehr und Low-energy-reporting .....	41
4.3.1 Vergleich des Lebensmittelverzehrs zwischen LER und AER .....	41
4.3.2 Low-energy-reporting unter definierten Ernährungsmustern .....	47

4.4	Nährstoffzufuhr und Low-energy-reporting .....	50
4.4.1	Der Einfluss von Low-energy-reporting auf die Nährstoffzufuhr.....	50
4.4.2	Vergleich der protokollierten Nährstoffzufuhr mit den D-A-CH-Referenzwerten unter Berücksichtigung von Low-energy-reporting .....	54
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>59</b>
5.1	Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting .....	59
5.2	Studienergebnisse im Vergleich mit vorherigen Untersuchungen.....	62
5.2.1	Prävalenz von Misreporting.....	62
5.2.2	Charakteristika von Misreportern .....	63
5.2.3	Low-energy-reporting im Zusammenhang mit Lebensmittelgruppen und Ernährungsmustern .....	65
5.2.4	Auswirkungen Low-energy-reporting auf die Nährstoffversorgung .....	68
5.3	Einfluss der Methoden zur Identifikation von und zum Umgang mit Misreporting .....	70
5.4	Stärken und Limitationen der Studie.....	73
5.4.1	Repräsentativität und Validität.....	73
5.4.2	Statistische Tests .....	76
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick.....</b>	<b>77</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>80</b>
<b>8</b>	<b>Kurzfassung - Abstract .....</b>	<b>82</b>
<b>9</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>84</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>92</b>

## ABKÜRZUNGEN

AER	Acceptable-Energy-Reporter
BDI	Beck-Depressions-Inventar
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
BMI	Body-Mass-Index
BMR	Grundumsatz (Basal Metabolic Rate)
D-A-CH	Deutschland, Österreich, Schweiz
DASH-Score	Dietary Approaches to Stop Hypertension
DGE	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
DLW	Doppelt markiertes Wasser (Doubly Labelled Water)
EE	Energieverbrauch (Energy Expenditure)
EI	Energiezufuhr (Energy Intake)
ER	Energiebedarf (Energy Requirement)
GFPI	German Food Pyramid Index
HEI	Healthy Eating Index
HEI-NVS	Healthy Eating Index-NVS
HER	High-Energy-Reporter
IER	Implausible-Energy-Reporter
IQR	Interquartilsabstand
KG	Körpergewicht
KI	Konfidenzintervall
LER	Low-Energy-Reporter
MUFA	einfach ungesättigte Fettsäuren (Monounsaturated Fatty Acids)
MW	Mittelwert
NVS	Nationale Verzehrsstudie
OR	Odds-Ratio
PAL	Level der körperlichen Aktivität (Physical Activity Level)
pER	geschätzter Energiebedarf (predicted Energy Requirement)
PUFA	mehrfach ungesättigte Fettsäuren (Polyunsaturated Fatty Acids)
REE	Ruheenergieverbrauch (Resting Energy Expenditure)
rEI	protokollierte Energiezufuhr (reported Energy Intake)
SD	Standardabweichung
SFA	gesättigte Fettsäuren (Saturated Fatty Acids)
TEE	Gesamtenergieverbrauch (Total Energy Expenditure)

## ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Übersicht – Methoden zum Umgang mit Misreporting .....	3
Abbildung 2: Übersicht über personenbezogene Faktoren und Merkmale, die im Zusammenhang mit Misreporting untersucht wurden .....	14
Abbildung 3: Übersicht über angewandte statistische Testverfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden metrischer Variablen.....	32
Abbildung 4: Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) – Männer.....	47
Abbildung 5: Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) – Frauen.....	48
Abbildung 6: Ernährungsqualität - Indexsumme des HEI-NVS von AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert), getrennt nach Geschlecht .....	48
Abbildung 7: Prozentuale Anteile der energieliefernden Nährstoffe an der Gesamtenergiezufuhr nach Reporting-Status.....	50
Abbildung 8: Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS $\geq 79,5$ ) - Gesamt (n = 943) .....	54
Abbildung 9: Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS $\geq 79,5$ ) - Männer (n = 399).....	55
Abbildung 10: Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS $\geq 79,5$ ) - Frauen (n = 544) .....	55
Abbildung 11: Anteil der Männer, die außerhalb der Referenzwerte für die Makronährstoffe liegen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert).....	55
Abbildung 12: Anteil der Frauen, die außerhalb der Referenzwerte für die Makronährstoffe liegen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert).....	56
Abbildung 13: Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS $\geq 79,5$ ) - Gesamt (n = 943).....	57
Abbildung 14: Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS $\geq 79,5$ ) - Männer (n = 399) .....	57
Abbildung 15: Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS $\geq 79,5$ ) - Frauen (n = 544) .....	57
Abbildung 16: Anteil der Männer, die die Referenzwerte für verschiedene Mikronährstoffe nicht erreichen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) .....	58
Abbildung 17: Anteil der Frauen, die die Referenzwerte für verschiedene Mikronährstoffe nicht erreichen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) .....	58
Abbildung 18: Anteil der Männer und Frauen die oberhalb der Höchstmenge für die Alkoholzufuhr liegen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) .....	58

## TABELLEN

Tabelle 1: Gleichung für die Berechnung des BMR nach SCHOFIELD (1985) nach Alter und Geschlecht .....	7
Tabelle 2: Gleichung für die Berechnung des BMR nach HENRY (2005) nach Alter und Geschlecht.....	8
Tabelle 3: Gleichungen für die Berechnung des Ruheenergiebedarfs nach MÜLLER et al. (2004) für Erwachsene nach BMI-Status.....	8
Tabelle 4: Gleichung für die Berechnung des TEE nach IOM (2005) nach Geschlecht und Lebensstil .....	9
Tabelle 5: Studienübersicht zum Ausmaß von Misreporting – Studieneigenschaften sowie die Prävalenz von Misreporting.....	11
Tabelle 6: Studienübersicht – anthropometrische Kenngrößen und soziodemografische Merkmale von LER .....	15
Tabelle 7: Studienübersicht – lebensstilbezogene Faktoren von LER.....	17
Tabelle 8: Studienübersicht – Lebensmittelverzehr von LER .....	19
Tabelle 9: Studienübersicht - Nährstoffversorgung von LER.....	22
Tabelle 10: Übersicht der angewandten Vorgehensweisen zur Identifikation von Misreporting .....	24
Tabelle 11: Goldberg-Cut-off zur Identifikation von Misreporting für 1 SD, 1,5 SD und 2 SD .....	24
Tabelle 12: Variationskoeffizienten des geschätzten Energiebedarfs ( $CV_{PER}$ ) sowie Cut-offs zur Identifikation von Misreporting über den Huang-Ansatz und Schätzung des Energiebedarfs über die Müller-Gleichung getrennt nach Geschlecht und Altersgruppe .....	25
Tabelle 13: Variationskoeffizienten des geschätzten Energiebedarfs ( $CV_{PER}$ ) sowie Cut-offs zur Identifikation von Misreporting über den Huang-Ansatz und Schätzung des Energiebedarfs nach IOM getrennt nach Geschlecht und Altersgruppe .....	25
Tabelle 14: Ernährungsmuster nach Verarbeitungsgrad der verzehrten Lebensmittel.....	28
Tabelle 15: Modifizierter HEI-NVS zur Bestimmung der Ernährungsmuster .....	29
Tabelle 16: Charakterisierung der Studienpopulation (Prozent oder MW (SD)) .....	35
Tabelle 17: Klassifizierung des Gewichtsstatus für Erwachsene und Jugendliche.....	35
Tabelle 18: Gegenüberstellung der Prävalenz von Misreporting unterschiedlicher Vorgehensweisen .....	37
Tabelle 19: Prävalenz von Misreporting nach Geschlecht und Vorgehensweise zur Identifikation .....	37
Tabelle 20: Charakteristika von HER, AER und LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) (MW, SD und Prozent) .....	38
Tabelle 21: Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Wahrscheinlichkeit als LER klassifiziert zu werden im Vergleich zur Klassifikation als AER (identifiziert über Goldberg-Cut-off).....	40
Tabelle 22: Mittlere tägliche Verzehrmenge von Lebensmittelgruppen absolut (g) und energieadjustiert (g/1000kcal) von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) nach Geschlecht .....	43
Tabelle 23: Einteilung der Ernährungsqualität nach Geschlecht (MW, Fallzahl, Prozent).....	49
Tabelle 24: Vorkommen von Ernährungsmustern zur Ernährungsqualität nach Geschlecht für AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) (Prozent) .....	49
Tabelle 25: Vorkommen von Ernährungsmustern nach Verarbeitungsgrad der konsumierten Lebensmittel nach Geschlecht für AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) (Prozent) .....	49

Tabelle 26: Energie-, Ballaststoff- sowie Makronährstoffzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert durch den Goldberg-Cut-off) nach Geschlecht .....	51
Tabelle 27: Mikronährstof- und Alkoholaufzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert durch den Goldberg-Cut-off) nach Geschlecht .....	53
Tabelle 28: Übersicht der verwendeten Gleichungen zur Schätzung des BMR/REE in Studien zum Misreporting .....	60
Tabelle 29: Gegenüberstellung von Methoden zur Identifikation von Misreporting – Vergleich der Prävalenzen .	71

## 1 EINLEITUNG

*„Der Weg zur Gesundheit führt durch die Küche, nicht durch die Apotheke.“*

(Sebastian Kneipp)

Was Sebastian Kneipp bereits Ende des 19. Jahrhunderts feststellte, ist heute durch zahlreiche ernährungsepidemiologische Studien gut, wenn auch nicht abschließend, belegt: Die langfristigen Essgewohnheiten beeinflussen die Entstehung von nicht übertragbaren, chronischen Krankheiten wie Hypertonie, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes mellitus Typ 2 und einigen Krebskrankheiten (vgl. HESEKER, 2012). Ernährungserhebungen ermöglichen es, das Essverhalten von Populationen zu beschreiben, deren Ernährungszustand abzuschätzen sowie Zusammenhänge zwischen Ernährung und Gesundheit aufzudecken. Darüber hinaus bilden insbesondere nationale Verzehrerhebungen die Grundlage zur Ableitung und Planung politischer Entscheidungen und (Ernährungs-)Programme (vgl. SUBAR et al. 2015). Ursachen dafür, dass längst noch nicht alle Zusammenhänge zwischen der Lebensmittelauswahl und der Entstehungen von Krankheiten erforscht sind oder Zweifel an der Evidenz bestehen, sind zum einen, dass die Ernährung lediglich ein Faktor neben anderen, wie mangelnde Bewegung oder Rauchen, darstellt. Zum anderen gibt es keine Standardmethode, um die Ernährungsgewohnheiten in der breiten Bevölkerung valide zu erfassen. Jede Ernährungserhebungsmethode bringt Vor- und Nachteile mit sich und kann das wahre, gewöhnliche Essverhalten nur bedingt erfassen. Ein weit verbreitetes und gut belegtes Problem, welches in diesem Zusammenhang auftritt, ist das sogenannte Misreporting (vgl. POSLUSNA et al., 2009). Die Teilnehmenden protokollieren demnach mehr oder weniger als sie tatsächlich verzehrt haben. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Neben einer allgemeinen geringen Compliance und Motivation an Verzehrerhebungen teilzunehmen, können auch psychosoziale Faktoren wie die Unzufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht (vgl. KYE et al., 2014; LUTOMSKI et al., 2010) oder soziale Erwünschtheit (MAURER et al., 2006) Ursachen für Misreporting sein. Insbesondere bei retrospektiven Verzehrerhebungsmethoden ist es außerdem möglich, dass sich an Lebensmittel nicht erinnert wird oder Portionsgrößen falsch eingeschätzt werden. Ebenso kommt es vor, dass im Erhebungszeitraum zwar wahrheitsgetreu berichtet, aber weniger als üblich verzehrt wurde - ein so genanntes Undereating ist von Underreporting nicht zu unterscheiden (vgl. STRAßBURG, 2010).

Underreporting hat einen direkten Einfluss auf die geschätzte Lebensmittelaufnahme, die Energiezufuhr (EI) und damit auf die Beurteilung der Nährstoffversorgung der Bevölkerung. Bleibt dies in den nachfolgenden Auswertungen unberücksichtigt, kann es zu systematischen Verzerrungen kommen (vgl. POSLUSNA et al., 2009). Um sogenannte Low-Energy-Reporter (LER) zu identifizieren, wurden in der Vergangenheit verschiedene Ansätze publiziert und angewandt. Bislang herrscht allerdings keine Einigkeit darüber, welches Vorgehen grundsätzlich eingesetzt werden sollte. Dennoch ist die Bestimmung der Prävalenz sowie des Ausmaßes von Misreporting ein wichtiger Schritt, um die Ergebnisse interpretieren zu können (vgl. POSLUSNA et al., 2009). Ebenso können Erkenntnisse über Einflussfaktoren auf Misreporting dazu beitragen, Korrekturmethoden zu entwickeln, mithilfe dessen für eine nicht plausible Protokollführung adjustiert werden kann (vgl. TRIJSBURG et al., 2016).

In nationalen Querschnittsstudien verschiedener Länder wurde bereits untersucht, wodurch sich LER charakterisieren und welche Auswirkungen Low-energy-reporting auf die Nährstoffversorgung hat (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; POSLUSNA et al., 2009). Für die deutsche Bevölkerung haben STRAßBURG et al. (2017) den Einfluss verschiedener Verzehrerhebungsmethoden auf die Prävalenz von Misreporting sowie die Auswirkungen auf den Lebensmittelkonsum untersucht. Eine differenzierte Analyse der Charakteristika von LER sowie Untersuchungen zum Einfluss von Underreporting auf die Nährstoffversorgung wurden bislang für die deutsche Bevölkerung noch nicht durchgeführt.

Für die vorliegende Arbeit ergeben sich daher nachfolgend aufgeführten Ziele.

- Zunächst soll ein Überblick über die verschiedenen, in der Literatur diskutierten Methoden zur Identifikation von Misreporting gegeben werden.
- Aufgrund von länderspezifischen Unterschieden im Zusammenhang mit Misreporting (vgl. MURAKAMI et al., 2018) ist es weiterhin ein Ziel, LER in der deutschen Bevölkerung zu identifizieren und hinsichtlich ihrer soziodemografischen Merkmale zu beschreiben.
- Ein weiteres Ziel der Arbeit ist zu untersuchen, ob bestimmte Lebensmittelgruppen besonders von Underreporting betroffen sind und welche dies sind.
- Aufgrund der hohen Verbreitung von Präadipositas (36,4 %) und Adipositas (16,3 %) (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018) kann von einer energetisch ausreichenden Energieversorgung der deutschen Bevölkerung (mit Ausnahme besonderer Risikogruppen) ausgegangen werden. Daher interessiert in der vorliegenden Untersuchung außerdem, inwiefern bei üblichen Ernährungsgewohnheiten und einer ausreichenden Energieversorgung eine adäquate Nährstoffversorgung entsprechend den D-A-CH-Referenzwerten erreicht wird. Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern sich die Versorgungslage zwischen LER und Personen mit einer plausibel protokollierten Energiezufuhr, sogenannte Acceptable-Energy-Reporter (AER), unterscheidet.
- Ergänzend sollen Personengruppen mit unterschiedlichen Ernährungsmustern identifiziert und deren Nährstoffversorgungsgrad beurteilt werden.

Die Grundlage der vorliegenden Arbeit bilden die Wiegeprotokolldaten der Nationalen Verzehrsstudie (NVS)-II. Zu Beginn werden die in der Literatur diskutierten Methoden zur Identifikation von Misreporting vorgestellt sowie eine Übersicht über den aktuellen Wissensstand gegeben. Es folgt die Beschreibung der Vorgehensweise sowie des verwendeten Datenmaterials. Im dritten Kapitel erfolgt die Ergebnisdarstellung mit anschließender Diskussion. Die Arbeit endet mit einem Fazit und einem Ausblick.

## 2 HINTERGRUND

Im folgenden (Unter-)Kapitel werden zunächst die in der Literatur diskutierten Verfahren zur Identifikation von und zum Umgang mit Misreporting vorgestellt, bevor in Kapitel 2.2 Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting näher beschrieben werden. Daran anschließend wird in Kapitel 2.3 der aktuelle Stand der Wissenschaft zum Energy-Misreporting ausführlich dargestellt. Um das für die vorliegende Arbeit beschriebene Vorgehen zur Charakterisierung verschiedener Ernährungsmuster (vgl. Kapitel 3.4) besser nachvollziehen zu können, wird abschließend ein Überblick über gängige Vorgehensweisen zur Definition von Ernährungsmustern gegeben.

### 2.1 Identifikation von und Umgang mit Misreporting

Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen, die auf Grundlage von Verzehrerhebungen getroffen werden, basieren immer auf Methoden zur Selbsteinschätzung. Die Validität dieser Ergebnisse ist abhängig von der Sorgfalt und Genauigkeit, mit der die Teilnehmenden ihre Nahrungszufuhr protokollieren (vgl. RENNIE et al., 2007). Misreporting, sei es Over- oder Underreporting, ist dabei ein vielschichtiges und mehrdimensionales Problem, welches seit den Veröffentlichungen von GOLDBERG et al. (1991) und BLACK et al. (1991) akzeptiert und allgemein anerkannt ist. Auch das Forschungsinteresse ist seither gestiegen (vgl. MACDIARMID und BLUDELL, 1998). Dennoch herrscht bislang keine Einigkeit darüber, wie Misreporting am besten aufgedeckt und wie damit umgegangen werden soll. Abbildung 1 stellt eine Übersicht über die verschiedenen, in der Literatur angewandten Methoden dar.

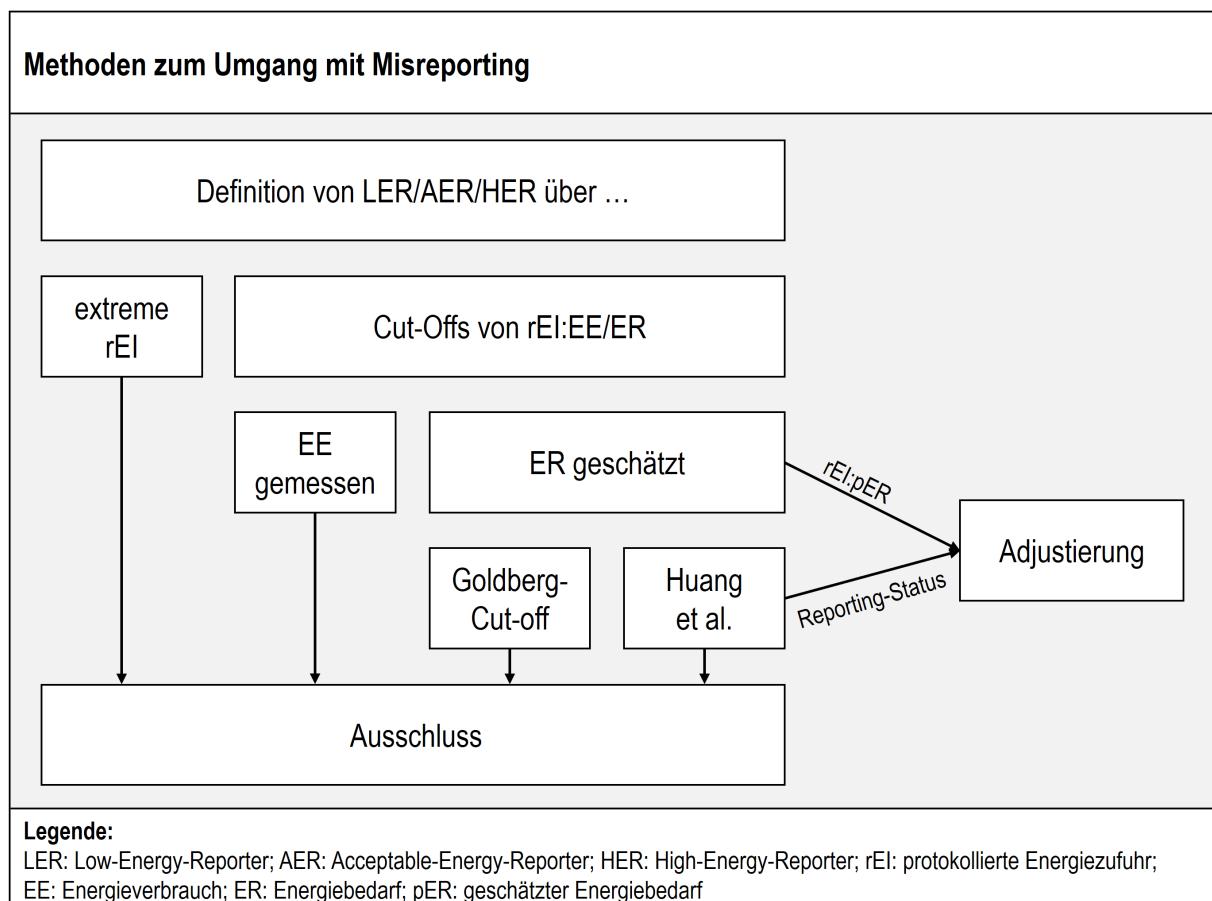


Abbildung 1: Übersicht – Methoden zum Umgang mit Misreporting (eigene Darstellung)

In einem ersten Schritt werden Personen identifiziert, die eine nicht plausible, zu geringe oder zu hohe Energiezufuhr protokollieren. Diese werden oft als Under- bzw. Overreporter oder, wie auch in der vorliegenden Arbeit, als LER bzw. High-Energy-Reporter (HER) bezeichnet. Im Gegensatz hierzu sind AER Personen mit einer plausiblen Energiezufuhr. WILLET (2013) empfiehlt pauschal, Personen mit einer extrem niedrigen bzw. hohen protokollierten Energiezufuhr (rEI) von den weiteren Analysen auszuschließen. Demnach werden Frauen mit einer rEI von < 500 kcal und > 3500 kcal als Misreporter charakterisiert. Für Männer werden Grenzwerte von < 800 kcal und > 4000 kcal angegeben. Durch dieses Vorgehen können allerdings nur sehr extreme Misreporter und damit längst nicht alle identifiziert werden. Darüber hinaus werden bei diesem Verfahren individuelle Eigenschaften, wie das Körpergewicht oder die Körpergröße der Teilnehmenden, nicht in den Blick genommen.

Eine andere Möglichkeit, Misreporting aufzudecken, ist der Vergleich von Energiezufuhr zum Energieverbrauch (EE) bzw. -bedarf (ER). Hier wird die Annahme, dass bei Gewichtsstabilität die Energiezufuhr gleich dem Energieverbrauch ist, zugrunde gelegt (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003). Um den EE in der Bevölkerung unter Alltagsbedingungen objektiv zu messen, ist die Doubly-Labelled-Water (DLW)-Methode allgemein als Goldstandard anerkannt (vgl. PARK et al., 2014). Hierbei wird aus der ermittelten Kohlenstoffdioxidabgabe (erfasst über markierte Wasserstoff- und Sauerstoffatome) der EE berechnet (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003). Für großangelegte epidemiologische Studien ist die DLW-Methode allerdings nicht praktikabel, da hohe Kosten für die verwendeten Isotope sowie für Analysegeräte entstehen und darüber hinaus geschultes Personal für die durchzuführenden Analysen erforderlich ist (vgl. PARK et al., 2014). Daher wurden verschiedene Gleichungen entwickelt, die den Grundumsatz (BMR) bzw. Ruheenergieverbrauch (REE) anhand von festgelegten Merkmalen wie Geschlecht, Alter sowie Gewichtsstatus abschätzen können (u. a. FAO, WHO, UNU, 2001; HARRIS und BENEDICT, 1918; HENRY, 2005; MÜLLER et al. 2004; SCHOFIELD, 1985). Diese fließen anschließend, zusammen mit dem entsprechenden Level der körperlichen Aktivität (PAL), in die Berechnung des Goldberg-Cut-offs (vgl. BLACK, 2000a; GOLDBERG et al., 1991) bzw. des Cut-offs nach HUANG et al. (2005) zur Identifikation von Misreporting ein (vgl. Kapitel 2.2). Im Gegensatz zum Vorgehen von WILLET (2013) handelt es sich bei diesen beiden Ansätzen um individuelle Methoden.

Sind die Studienteilnehmenden nach ihrem Reporting-Status klassifiziert, gilt es in einem zweiten Schritt zu entscheiden, wie damit umgegangen wird. Zum einen können Personen mit einer nicht plausiblen Energiezufuhr von den weiteren Analysen ausgeschlossen bzw. gesondert betrachtet werden und zum anderen kann für die Energiezufuhr adjustiert werden. Letzteres kann entweder über den Reporting-Status (vgl. TOOZE et al. 2016) oder über das Verhältnis von protokollierter Energiezufuhr zum geschätzten Energiebedarf (rEI:pER) erfolgen (vgl. JESSRI et al., 2016). Sollen allerdings Ursachen und Konsequenzen von Low-energy-reporting untersucht werden, ist es notwendig LER auf individueller Ebene zu identifizieren (vgl. LIVINGSTONE UND BLACK, 2003) und im Hinblick auf die zu untersuchende Fragestellung mit AER oder der gesamten Studienpopulation zu vergleichen.

## 2.2 Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting

Vorangegangen wurde ein Überblick über die derzeit diskutierten Methoden und Umgangsweisen mit Misreporting gegeben. Im Folgenden sollen nun die Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting beschrieben werden. Wie bereits dargelegt, ist es in großen epidemiologischen Studien nicht praktikabel und umsetzbar, den wahren Energieverbrauch zu messen. In diesem Fall ist es akzeptabel und gängige Praxis, den Energiebedarf zu schätzen und so Personen mit einer nicht plausibel protokollierten Energiezufuhr zu identifizieren (vgl. GARRIGUET, 2018). In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Methoden bzw. Gleichungen für Konfidenzintervalle (KI) des Verhältnisses von Energiezufuhr und Energiebedarf entwickelt, um hierüber die LER zu identifizieren. Die am häufigsten genutzte und älteste Methode ist die nach GOLDBERG et al. (1991), die von BLACK (2000a) weiterentwickelt, ausführlich dargestellt und anwendungsorientiert beschrieben wird. Hier wird der BMR, berechnet nach SCHOFIELD et al. (1985), mit der protokollierten Energiezufuhr verglichen und dem PAL gegenübergestellt. Da einige Studien gezeigt haben, dass die Schofield-Gleichung den BMR systematisch überschätzt (vgl. ALFONZO-GONZÁLEZ et al., 2004; HENRY, 2005; HORGAN und STUBBS, 2003; MÜLLER et al., 2004), wurde der Goldberg-Cut-off weiterentwickelt, in dem die Berechnung des BMR über andere Gleichungen erfolgt (vgl. MENDEZ et al., 2011). MCCRORY et al. veröffentlichten 2002 einen anderen Ansatz, mit dem LER über einen direkten Vergleich von protokollierter Energiezufuhr mit dem geschätzten Energiebedarf identifiziert werden können. In einer Weiterentwicklung durch HUANG et al. (2005) wurde diese Methode ebenfalls in verschiedenen Studien angewandt und erprobt (GARRIGUET, 2008a; MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015; RASMUSSEN et al., 2006 u. a.). Nachfolgend werden der Goldberg-Cut-off sowie der Ansatz von HUANG et al. (2005), im Weiteren als Huang-Ansatz bezeichnet, beschrieben und erläutert.

### 2.2.1 Goldberg-Cut-off

Der Goldberg-Cut-off beruht darauf, dass die protokolierte Energiezufuhr (rEI) mit dem geschätzten minimalen, körpererhaltenden Energieverbrauch (EE) verglichen wird (vgl. GOLDBERG et al. 1991). Der Goldberg-Cut-off bzw. die Validität der rEI basiert dabei auf der Annahme, dass auf Populationsebene

$$EI = EE \quad (2.1)$$

gilt (vgl. BLACK, 2000a). Da sowohl der EE als auch der BMR vom Geschlecht, vom Alter und von der Körpergröße abhängen, kann der EE auch als ein Vielfaches des BMR ausgedrückt werden. Das Verhältnis von EE zum BMR wird auch als PAL bezeichnet (vgl. GOLDBERG et al. 1991):

$$\frac{EE}{BMR} = PAL \quad (2.2)$$

Aus Gleichung 2.1 und 2.2 ergibt sich:

$$\frac{EI}{BMR} = PAL \quad (2.3)$$

Um die Plausibilität der rEI in Verzehrstudien zu überprüfen, wird das Verhältnis von rEI zum BMR mit dem (geschätzten) PAL verglichen und das dazugehörige 95 % KI bestimmt:

$$\frac{rEI}{BMR} > PAL \times \exp [SD_{min} \times \frac{(S/100)}{\sqrt{n}}] \quad (2.4)$$

$$\frac{rEI}{BMR} < PAL \times \exp [SD_{max} \times \frac{(S/100)}{\sqrt{n}}] \quad (2.5)$$

$$S = \sqrt{\frac{CV_{rEI}^2}{d} + CV_{BMR}^2 + CV_{PAL}^2} \quad (2.6)$$

SD = Standardabweichung;  $SD_{min} = -2$  für die untere 95 % KI Grenze und  $SD_{max} = 2$  für die obere 95 % KI Grenze; n = Anzahl der Individuen; S = Streuung;  $CV_{rEI}$  = intraindividuelle Variation in der rEI; d = Anzahl der Tage der Ernährungserhebung;  $CV_{BMR}$  = intraindividuelle Variation im BMR;  $CV_{PAL}$  = Variationen (intra- und interindividuell) im PAL

Die Streuung berücksichtigt zum einen die intraindividuelle Variation in der rEI ( $CV_{rEI}$ ) über die Anzahl der protokollierten Tage (d) und zum anderen die Variationen in wiederholten Messungen des BMR bzw. die Präzision zwischen dem geschätzten und gemessenen BMR ( $CV_{BMR}$ ). Mit  $CV_{PAL}$  werden außerdem Abweichungen im PAL berücksichtigt. Diese umfassen sowohl interindividuelle Unterschiede als auch individuelle Schwankungen sowie Messfehler. Nach BLACK et al. (2000a) kann  $CV_{rEI}$  aus den Daten berechnet oder mit einem mittleren Wert von 23,0 % angenommen werden. Im Vergleich zu DLW-Studien zeigt die Schätzung des BMR über eine entsprechende Gleichung eine Abweichung von etwa 15,0 % ( $CV_{BMR}$ ), und die Variation des PALs ( $CV_{PAL}$ ) kann mit 8,5 % in die Goldberg-Gleichung eingesetzt werden. Wenn keine objektive Messung der körperlichen Aktivität stattfindet, wird die Annahme eines sitzenden Lebensstils mit  $PAL = 1,55$  empfohlen (vgl. BLACK, 2000a; MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015).

Der BMR bezeichnet den Energiebedarf, der zur Aufrechterhaltung der Körperfunktionen bei völliger Ruhe und Entspannung benötigt wird (vgl. HENRY, 2005; SABOUNCHI et al., 2013; SCHOFIELD, 1985). Er wird 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme, im Liegen, wenig bekleidet und bei einer Umgebungstemperatur von 20 bis 28 °C gemessen (vgl. ELMADFA, 2015). Die Bedingungen zur Bestimmung des Ruheenergiebedarfs (REE) sind weniger streng und besser in der Praxis umzusetzen (vgl. BLACK, 2000a). Dieser wird 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit, bekleidet und im Sitzen bei einer Raumtemperatur von 20 bis 24 °C gemessen und liegt etwas über dem BMR (vgl. ELMADFA, 2015). In der Literatur findet eine Auseinandersetzung in der Unterscheidung von BMR und REE statt, häufig werden dennoch die beiden Begriffe synonym verwendet (vgl. u. a. BLACK, 2000b; FLACK et al., 2016; GEMMING et al., 2014; MARRA et al., 2017; MILLER et al., 2013; MÜLLER et al., 2004; SABOUNCHI et al., 2013). Der BMR bzw. REE wird maßgeblich durch die Körperzusammensetzung, das Gewicht, das Alter sowie durch das Geschlecht bestimmt (vgl. FAO, WHO, UNU, 2001; HENRY, 2005; MILLER et al., 2013) und macht zwischen 40 % und 70 % des Gesamtenergieverbrauchs (TEE) aus (vgl. FAO, WHO, UNU, 2001).

Der BMR oder REE kann durch indirekte Kalorimetrie gemessen oder durch verschiedene Gleichungen geschätzt werden. Zu nennen sind hier u. a.

- die Harris-Benedict-Gleichung (vgl. HARRIS und BENEDICT, 1918),
- die Gleichung nach SCHOFIELD (1985), die im Auftrag der FAO, WHO und UNU aufgestellt wurde,
- die Gleichung nach HENRY (2005), welche auch als Oxford-Gleichung bekannt ist, sowie
- die anhand einer deutschen Studienpopulation entwickelte Gleichung von MÜLLER et al. (2004).

Die Berechnungen nach Schofield, nach Henry sowie nach Müller et al. werden im Folgen näher betrachtet.

### Berechnung des Grundumsatzes über die Schofield-Gleichung

Im Kontext der Identifikation von LER wird der BMR sehr häufig über die Gleichung nach SCHOFIELD (vgl. Tabelle 5; EFSA, 2014) getrennt für das Alter und Geschlecht berechnet. Die Gleichungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Durch den Einschluss der Körpergröße als weitere Einflussgröße konnte keine Verbesserung der Schätzung erzielt werden (vgl. RAMIREZ-ZEA, 2005). In einigen Studien wurde gezeigt, dass über die Schofield-Gleichungen der BMR in den vielen Populationen überschätzt wird (vgl. HENRY, 2005; MÜLLER et al., 2004; RAMIREZ-ZEA, 2005). Dies wird darauf zurückgeführt, dass in der von Schofield verwendeten Datenbank überproportional viele männliche Italiener (50 %) enthalten sind, welche einen höheren BMR aufweisen als andere kaukasische Populationen (vgl. HENRY, 2005; RAMIREZ-ZEA, 2005).

**Tabelle 1:** Gleichung für die Berechnung des BMR nach SCHOFIELD (1985) nach Alter und Geschlecht

Alter in Jahren	BMR in MJ/Tag <sup>1</sup>	
	Männer	Frauen
10 bis 17	$BMR = 0,074 * w + 2,754$	$BMR = 0,056 * w + 2,898$
18 bis 29	$BMR = 0,063 * w + 2,896$	$BMR = 0,062 * w + 2,036$
30 bis 59	$BMR = 0,048 * w + 3,653$	$BMR = 0,034 * w + 3,538$
60 und älter	$BMR = 0,049 * w + 2,459$	$BMR = 0,038 * w + 2,755$

<sup>1</sup> Umrechnung von MJ/Tag auf kcal/Tag durch Multiplikation mit 239; w: Gewicht in kg

### Berechnung des Grundumsatzes über die Oxford-Gleichung (nach HENRY, 2005)

Aufgrund der dargelegten Schwierigkeiten der Schofield-Gleichung entwickelte HENRY (2005) die sogenannte Oxford-Gleichung zur Berechnung des BMR. Darüber hinaus ist die Datenbank aus den Untersuchungen von Henry umfassender und repräsentiert eine größere geografische und ethnische Breite (vgl. HENRY, 2005). Die entwickelten Gleichungen können der Tabelle 2 entnommen werden. In der weiteren Analyse wurde auch die Körpergröße als unabhängige Einflussgröße betrachtet. Allerdings zeigte sich kein signifikanter Vorteil gegenüber der ausschließlich Berücksichtigung des Gewichts (vgl. HENRY, 2005). Nach Untersuchungen von RAMIREZ-ZEA (2005) schätzt die Oxford-Gleichung den BMR für Männer besser als die Schofield-Gleichung.

**Tabelle 2:** Gleichung für die Berechnung des BMR nach HENRY (2005) nach Alter und Geschlecht

Alter in Jahren	BMR in MJ/Tag <sup>1</sup>	
	Männer	Frauen
10 bis 17	BMR = 0,0769 * w + 2,43	BMR = 0,0465 * w + 3,18
18 bis 29	BMR = 0,0669 * w + 2,28	BMR = 0,0546 * w + 2,33
30 bis 59	BMR = 0,0592 * w + 2,48	BMR = 0,0407 * w + 2,90
60 und älter	BMR = 0,0563 * w + 2,15	BMR = 0,0424 * w + 2,38

<sup>1</sup> Umrechnung von MJ/Tag auf kcal/Tag durch Multiplikation mit 239; w: Gewicht in kg

### Berechnung des Ruheenergieverbrauchs über die Müller-Gleichung

MÜLLER et al. (2004) untersuchten inwiefern die durch die FAO, WHO und UNU empfohlene Gleichung nach Schofield zur Berechnung des REE auf die deutsche Bevölkerung übertragen werden kann. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der REE durch die Schofield-Gleichung signifikant und systematisch über- oder unterschätzt wird. Dabei kommt es bei einem geringen REE häufig zur Überschätzung und bei einem hohen REE häufig zu einer Unterschätzung des REE. Daraufhin entwickelten sie auf Basis einer deutschen Datenbank neue Gleichungen zur Berechnung des REE für Erwachsene sowie für Kinder und Jugendliche (vgl. Tabelle 3). Dies erfolgte zum einen für die gesamte Studienpopulation und zum anderen getrennt für verschiedene Body-Mass-Index(BMI)-Gruppen (nur Erwachsene). Wie MÜLLER et al. (2004) zeigen, kann die Schätzung des REE durch spezifische BMI-Gruppen-Gleichungen verbessert werden. Der Einschluss von Daten zur Körperzusammensetzung (Fettmasse und fettfreie Masse) bringt gegenüber der Körpergröße und des Körpergewichtes keine Vorteile mit sich und wird daher im Folgenden nicht weiter betrachtet. Die Gleichung für die gesamte Studienpopulation bildet die Grundlage für die Berechnung der Referenzwerte für die Energiezufuhr von Erwachsenen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) (vgl. DGE et al., 2018).

**Tabelle 3:** Gleichungen für die Berechnung des Ruheenergiebedarfs nach MÜLLER et al. (2004) für Erwachsene nach BMI-Status

BMI-Status	REE in MJ/Tag <sup>1</sup>
<b>Kinder- und Jugendliche</b>	
Gesamte Population	REE = 0,02606 * w + 0,04129 * h + 0,311 * s - 0,08369 * a - 0,808
<b>Erwachsene</b>	
Gesamte Population	REE = 0,047 * w + 1,009 * s - 0,01452 * a + 3,21
BMI ≤ 18,5	REE = 0,07122 * w + 0,82 * s - 0,02149 * a + 0,731
18,5 < BMI ≤ 25	REE = 0,02219 * w + 0,02118 * h + 0,884 * s - 0,01191 * a + 1,233
25 < BMI < 30	REE = 0,04507 * w + 1,006 * s - 0,01553 * a + 3,407
30 ≤ BMI	REE = 0,05 * w + 1,103 * s - 0,01586 * a + 2,924

<sup>1</sup> Umrechnung von MJ/Tag auf kcal/Tag durch Multiplikation mit 239; REE: Ruheenergiebedarf; w: Gewicht in kg; s: Geschlecht, weiblich = 0 und männlich = 1; a: Alter in Jahren; h: Größe in cm

## 2.2.2 Vergleich von protokollierter Energiezufuhr mit dem geschätzten Energiebedarf

In dem Ansatz von MCCRORY et al. (2002) und HUANG et al. (2005) werden Individuen, deren protokollierte Energiezufuhr außerhalb des KI von  $\pm 1$  Standardabweichung (SD) für das Verhältnis von rEI zu pER liegt, als LER bzw. HER klassifiziert. Die Berechnung des Cut-offs erfolgt separat für Geschlecht, Alter und Gewichtsstatus ( $\leq 25 \text{ kg/m}^2$  oder  $> 25 \text{ kg/m}^2$ ) (vgl. HUANG et al., 2005). Unter der Annahme eines stabilen Körpergewichts und, dass die protokollierte Energiezufuhr die gewöhnliche, tägliche Energiezufuhr darstellt, gilt  $\text{rEI} = 100\%$  des pER (vgl. HUANG et al., 2005). In den Huang-Ansatz fließt in die Berechnung des geschätzten Energiebedarfs der TEE über die Gleichung des Institute of Medicine (IOM) (2005) ein (vgl. Tabelle 4).

**Tabelle 4:** Gleichung für die Berechnung des TEE nach IOM (2005) nach Geschlecht und Lebensstil

Geschlecht	Lebensstil (PAL)	TEE in kcal/Tag
Männer (> 18 Jahre)	sitzend ( $1,0 \leq \text{PAL} < 1,4$ )	$\text{TEE} = 662 - (9,53 * a) + 1,00 * (15,91 * w + 539,60 * h)$
	wenig aktiv ( $1,4 \leq \text{PAL} < 1,6$ )	$\text{TEE} = 662 - (9,53 * a) + 1,11 * (15,91 * w + 539,60 * h)$
	aktiv ( $1,6 \leq \text{PAL} < 1,9$ )	$\text{TEE} = 662 - (9,53 * a) + 1,25 * (15,91 * w + 539,60 * h)$
	sehr aktiv ( $1,9 \leq \text{PAL} < 2,5$ )	$\text{TEE} = 662 - (9,53 * a) + 1,25 * (15,91 * w + 539,60 * h)$
Jungen (≤ 18 Jahre)	sitzend ( $1,0 \leq \text{PAL} < 1,4$ )	$\text{TEE} = 88,5 - (61,90 * a) + 1,00 * (26,70 * w + 903 * h)$
	wenig aktiv ( $1,4 \leq \text{PAL} < 1,6$ )	$\text{TEE} = 88,5 - (61,90 * a) + 1,13 * (26,70 * w + 903 * h)$
	aktiv ( $1,6 \leq \text{PAL} < 1,9$ )	$\text{TEE} = 88,5 - (61,90 * a) + 1,26 * (26,70 * w + 903 * h)$
	sehr aktiv ( $1,9 \leq \text{PAL} < 2,5$ )	$\text{TEE} = 88,5 - (61,90 * a) + 1,42 * (26,70 * w + 903 * h)$
Frauen (> 18 Jahre)	sitzend ( $1,0 \leq \text{PAL} < 1,4$ )	$\text{TEE} = 354 - (6,91 * a) + 1,00 * (9,36 * w + 726 * h)$
	wenig aktiv ( $1,4 \leq \text{PAL} < 1,6$ )	$\text{TEE} = 354 - (6,91 * a) + 1,12 * (9,36 * w + 726 * h)$
	aktiv ( $1,6 \leq \text{PAL} < 1,9$ )	$\text{TEE} = 354 - (6,91 * a) + 1,27 * (9,36 * w + 726 * h)$
	sehr aktiv ( $1,9 \leq \text{PAL} < 2,5$ )	$\text{TEE} = 354 - (6,91 * a) + 1,45 * (9,36 * w + 726 * h)$
Mädchen (≤ 18 Jahre)	sitzend ( $1,0 \leq \text{PAL} < 1,4$ )	$\text{TEE} = 135,3 - (30,80 * a) + 1,00 * (10,00 * w + 934 * h)$
	wenig aktiv ( $1,4 \leq \text{PAL} < 1,6$ )	$\text{TEE} = 135,3 - (30,80 * a) + 1,16 * (10,00 * w + 934 * h)$
	aktiv ( $1,6 \leq \text{PAL} < 1,9$ )	$\text{TEE} = 135,3 - (30,80 * a) + 1,31 * (10,00 * w + 934 * h)$
	sehr aktiv ( $1,9 \leq \text{PAL} < 2,5$ )	$\text{TEE} = 135,3 - (30,80 * a) + 1,56 * (10,00 * w + 934 * h)$

w: Gewicht in kg; a: Alter in Jahren; h: Größe in m

In der Berechnung des  $\pm 1$  SD Cut-offs werden sowohl intraindividuelle Variationen in der rEI ( $\text{CV}_{\text{rEI}}$ ) über die Anzahl der protokollierten Tage (d) als auch interindividuelle Abweichungen durch Fehler in der Gleichung zur Berechnung der pER ( $\text{CV}_{\text{pER}}$ ) sowie Messfehler und natürliche Schwankungen im TEE ( $\text{CV}_{\text{mTEE}}$ ) berücksichtigt (vgl. HUANG et al., 2005):

$$\pm 1 \text{ SD} = \sqrt{\frac{\text{CV}_{\text{rEI}}^2}{d} + \text{CV}_{\text{pER}}^2 + \text{CV}_{\text{mTEE}}^2} \quad (2.7)$$

$\text{CV}_{\text{rEI}}$  kann entweder aus den Daten berechnet oder mit einem mittleren Wert von 23,0 % angenommen werden (vgl. BLACK, 2000a).  $\text{CV}_{\text{pER}}$  wird berechnet, indem für die jeweilige Gruppe nach Geschlecht, Alter und Gewichtsstatus die SD der pER durch den entsprechenden Mittelwert (MW) geteilt wird (vgl. HUANG et al., 2005). Für  $\text{CV}_{\text{mTEE}}$  ist nach BLACK und COLE (2000) ein Wert von 8,2 % anzunehmen.

## 2.3 Stand der Wissenschaft – Studienübersicht

Das nachfolgende Kapitel gibt einen Überblick über bisher veröffentlichte Studien, in denen Energy-Misreporting untersucht wurde. Zu Beginn werden die Studieneigenschaften sowie die Prävalenz von Misreporting aus den verschiedenen Studien gegenübergestellt und miteinander verglichen. Anschließend wird auf untersuchte personenbezogene Merkmale und Faktoren von LER eingegangen, bevor abschließend die Auswirkungen von Misreporting dargestellt werden. In zwei Reviews (LIVINGSTONE und BLACK, 2003; POSLUSNA et al., 2009) werden bereits verschiedene Studien zu Energy-Misreporting zusammengetragen und deren Ergebnisse zusammengeführt. Diese werden im Folgenden zusammen mit den Ergebnissen weiterer Studien, die nicht in die beiden Reviews eingeflossen sind, dargestellt.

### 2.3.1 Studieneigenschaften und Prävalenz von Misreporting

Insgesamt wurden 27 Studien zum Thema Energy-Misreporting gefunden (vgl. Tabelle 5). Die Studien unterscheiden sich z. T. erheblich voneinander. So wurden in 20 Studien sowohl Männer als auch Frauen untersucht, in sechs bestand die Stichprobe ausschließlich aus Frauen und in einer weiteren Studie ausschließlich aus Männern. Die Fallzahlen variieren stark und liegen zwischen 82 und 39.393 Personen. Untersuchungen, die sich ausschließlich auf Kinder und Jugendliche beziehen, wurden in die Übersicht nicht mit aufgenommen. Sechs der dargestellten Studien wurden an ausgewählten Altersgruppen durchgeführt, davon vier an Älteren (50 Jahre und älter), eine an jungen Männern (18 bis 20 Jahre) und eine weitere an 30- bis 60-Jährigen. Weiterhin verdeutlicht die Tabelle 5, dass neben unterschiedlichen Erhebungsinstrumenten auch vielfältige Verfahren zur Identifikation von Misreporting zum Einsatz gekommen sind. Im Folgenden werden die Kernergebnisse der Reviews und der weiteren Studien dargestellt.

Sowohl aus den beiden Reviews als auch aus Tabelle 5 wird deutlich, dass in den meisten Studien (aus Tabelle 5  $n = 22$  bzw. 81 %) der Goldberg-Cut-off als Schätzmethode zur Identifikation von Misreporting zum Einsatz kommt. Der Huang-Ansatz wird in 7 Studien (30 %) angewandt. Die Berechnung des Energiebedarfs erfolgt in 16 Studien (59 %) über die Schofield-Gleichung zur Berechnung des BMR. Weiterhin wird in einem Großteil der Arbeiten ( $n = 5$ ), in denen die körperliche Aktivität nicht objektiv erfasst werden konnte ( $n = 8$ ), eine geringe körperliche Aktivität ( $PAL = 1,55$ ) angenommen (vgl. Tabelle 5 und POSLUSNA et al., 2009).

Die Prävalenz von LER variiert extrem. So liegt die Spannweite der dargestellten Studien für Männer und Frauen zwischen 3,2 % und 43,1 % sowie ausschließlich für Männer zwischen 7,7 % und 61,0 % und ausschließlich für Frauen zwischen 14,4 % und 72,0 %. Ähnliche Spannen wurden auch in dem Review von POSLUSNA et al. (2009) zusammengetragen: 11,9 % bis 67,0 % (für Männer und Frauen zusammen), 14,3 % bis 42,0 % (für Männer) sowie 4,0 % bis 72,0 % (für Frauen). High-energy-reporting wurde in deutlich weniger Studien erfasst ( $n = 16$ ). Für Erhebungen bei Männern und Frauen ergibt sich eine Spannweite für die Prävalenz zwischen 0,0 % und 10,0 %. Für Männer liegt diese zwischen 1,9 % und 28,4 % und für Frauen zwischen 2,1 % und 24,1 %.

**Tabelle 5:** Studienübersicht zum Ausmaß von Misreporting – Studieneigenschaften sowie die Prävalenz von Misreporting

Autoren	Land	Alter in Jahren	n (m/w)	Erhebungsmethode (Tage)	körperliche Aktivität	Energiebedarf	Identifikation Misreporting	Prävalenz Misreporting	
								Cut-Offs LER	LER (m/w)
BAILEY et al., 2007	USA	66 bis 87	179	24h-R (5)	keine Angabe	Vinken <sup>1</sup>	McCroy	LER: < 55 % pER HER: > 145 % pER	24,0 %
BANNA et al., 2015	USA	ab 18	82 w	24h-R (3)	ja	IOM	Huang	LER: < 1,55 HER: > 2,40	43,9 %
BEDARD et al., 2004	kanada	18 bis 82	246 (106/140)	FFQ ( $\infty$ )	ja	Schofield	Goldberg	LER: < 1,55 HER: > 2,40	43,1 % (53,8 % / 35,0 %)
DE SOUZA et al., 2015	Brasilien	ab 20	1.726 (524/1.202)	24h-R (1)	keine Angabe	i) Schofield ii) Anjops <sup>2</sup>	Goldberg	LER: < 1,35	i) 72,6 % / 80,4 % ii) 55,6 % / 66,1 %
GARRIGUET, 2008a und 2008b	kanada	ab 12	16.190	24h-R (1)	ja	IOM	Huang	LER: < 70 % HER: > 148 %	2,0 % (1,9 % / 2,1 %)
GEMMING et al., 2014	Neuseeland	ab 15	3.919 (1.715/2.204)	24h-R (1)	nein (PAL: 1,55)	Bogardus <sup>3</sup>	Goldberg	LER: < 0,90	23,0 % (21,0 % / 25,0 %)
JESSRI et al., 2016	kanada	ab 12	15.722	24h-R (1)	ja	IOM	Huang	LER: < 70 % HER <sub>1SD</sub> : > 14,2 % LER <sub>2SD</sub> : < 50 % HER <sub>2SD</sub> : > 198 %	nicht untersucht
JOHANSSON et al., 2001	Schweden	30 bis 60	193 (94/99)	24h-R (10)	keine Angabe	keine Angabe	Goldberg	LER: < 1,35	61 % / 72 %
KUNGENBERG et al., 2007	Schweden	18 bis 20	695 m	DH (365)	nein (PAL: 1,85)	Schofield	Goldberg	LER: < 1,30 HER: > 2,64	9,9 %
KYE et al., 2014	Korea	ab 19	15.133	24h-R (1)	keine Angabe	Schofield	Goldberg	LER: < 0,90	14,4 % / 23,0 %
LOPES et al., 2016	Brasilien	20 bis 60	83 (33/50)	EP (2) 24h-R (3)	nein	DLW	Ei:EE	LER <sub>EP</sub> : < 0,56 HER <sub>EP</sub> : > 1,44 LER <sub>24hR</sub> : < 0,44 HER <sub>24hR</sub> : > 1,56	24h-R: 31,3 % 24h-R: 19,2 % EP: 0 % 24h-R: 2,4 %
LUTOMSKI et al., 2010	Irland	ab 18	7.521	FFQ ( $\infty$ )	ja	Schofield	Goldberg	keine Angabe	95 % Kl: 33,2 % 99 % Kl: 18,3 %
								nicht untersucht	

Fortsetzung Tabelle 5

Autoren	Land	Alter in Jahren	n (m/w)	Erhebungs-methode (Tage)	körperliche Aktivität	Energiebedarf	Identifikation Misreporting	Prävalenz Misreporting	
								Cut-Offs LER	LER (m/w)
MAGALHÃES et al., 2019	Portugal	18 bis 84	3.639 (1.778/1861)	2 X 24h-R	ja (Einteilung nach FAO in 3 Stufen)	Schofield	Goldberg	LER <sub>14</sub> : < 0,87 HER <sub>14</sub> : > 2,25 LER <sub>16</sub> : < 1,00 HER <sub>16</sub> : > 2,57 LER <sub>18</sub> : < 1,12 HER <sub>18</sub> : > 2,89	28,5 % (24,1 % / 32,6 %) (2,1 % / 0,8 %)
MARKUSSSEN et al., 2016	Norwegen	50 bis 69	6.204 w	FFQ (∞)	nein (PAL: 1,55)	Oxford	Goldberg	LER: < 1,10	18,3 %
MATTISSON, et al., 2005	Schweden	ab 50	28.056 (11.047/17.009)	DH (365)	ja	Schofield	Goldberg	keine Angabe	17,6 % / 12,1 %
MENDEZ et al., 2011	Spanien	29 bis 69	39.393 (15.061/24.332)	DH (365)	ja (Einteilung nach FAO in 5 Stufen) a) Schofield b) Mifflin c) IOM	Schofield (1,5 und 2 SD) Goldberg (1,5 und 2 SD) Huang (1,5 und 2 SD)	Goldberg keine Angabe	2 SD: a) 14,7 % / 21,7 % b) 9,1 % / 14,4 % c) 7,7 % / 12,0 % 15 SD: a. 22,7 % / 31,2 % b. 14,9 % / 21,6 % c. 13,0 % / 19,4 % 2 SD: a) 5,9 % / 4,8 % b) 10,5 % / 9,2 % c. 21,2 % / 17,9 % 1,5 SD: a. 11,1 % / 8,8 % b. 17,9 % / 15,4 % c. 28,4 % / 24,1 %	nicht untersucht
MENG et al., 2012	Australien	70 bis 80	214 w	EP (3)	ja	Schofield	Goldberg	LER: < 0,76 HER: > 1,24	50,7 %
MURAKAMI et al., 2018	Japan	ab 20	19.986	EP (1)	nein (PAL: 1,55 für Goldberg und 1,4 bis 1,6 für Huang)	i) Schofield ii) Miyake <sup>4</sup> iii) IOM	Goldberg Huang	LER <sub>G</sub> < 0,87 HER <sub>G</sub> > 2,75 LER <sub>H</sub> < 0,59 HER <sub>H</sub> > 1,71	Goldberg: i) 6,3 % ii) 3,2 % iii) 6,0 % Goldberg: i) 0,4 % ii) 2,0 % iii) 1,2 % Huang: i) 0,4 % ii) 2,0 % iii) 1,2 %
MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015	USA	ab 20	1.754	2 X 24h-R (1 oder 2)	nein (PAL: 1,55 für Goldberg und 1,4 bis 1,6 für Huang)	Schofield IOM Huang	Goldberg Huang	Goldberg: LER <sub>2 Tag</sub> < 0,96 HER <sub>2 Tag</sub> > 2,49 LER <sub>Tag</sub> < 0,87 HER <sub>Tag</sub> > 2,75 LER <sub>2 Tag</sub> < 0,65 HER <sub>2 Tag</sub> > 1,53 LER <sub>Tag</sub> < 0,59 HER <sub>Tag</sub> > 1,71	Goldberg: 1,4 % Huang: 2,5 %

Fortsetzung Tabelle 5

Autoren	Land	Alter in Jahren	n (m/w)	Erhebungsmethode (Tage)	körperliche Aktivität	Energiebedarf	Identifikation Misreporting	Prävalenz Misreporting	
								Cut-Offs LER	LER (m/w)
RASMUSSEN et al., 2006	Dänemark	20 bis 59	138 (69/69)	EP (7)	ja	Schofield	Goldberg	LER: < 0,76 HER: > 1,24	26,1 % 1,4 %
RAVELLI et al. 2018	Brasilien	20 bis 45	412 w	3x 24h-R (3)	ja	Mifflin	Goldberg	keine Angabe	61,9 % nicht untersucht
RHEE et al. 2015	USA	30 bis 55	80-332 w	FFQ (∞)	ja	b) Schofield c) IOM c) Huang	a) Willett b) Goldberg c) Huang	a. 0,15 % b. 22,5 % c. 20,3 %	a. 0,9 % b. 8,9 % c. 13,5 %
RIBAS-BARBA et al., 2009	Spanien	ab 12	2.542 (1.223/1.319)	24h-R (1 u. 2) FFQ (∞)	keine Angabe				
SHANESHIN et al., 2014	Iran	18 bis 45	187 w	FFQ (∞)	nein	gemessen, Fit-Mate	Goldberg	LER: < 1,35 HER: > 2,39	35,3 % 7,4 %
STRASBURG et al., 2017	Deutschland	14 bis 80	677 (278/399)	DH (365) EP (8) 24h-R (2)	keine Angabe	Müller	Goldberg	LERDH: < 1,09 HERDH: > 2,21 LEREP: < 1,06 HEREP: > 2,27 LER24hR: < 0,97 LER24hR: > 2,49	LER: < 1,35 HER: > 2,39 DH: 23 % EP: 22 % 24h-R: 16 % DH: 4 % EP: < 1 % 24h-R: < 1 %
VANRULLEN et al., 2014	Frankreich	ab 18	1.567 (756/811)	EP (7)	nein (PAL: 1,55)	i) Schofield ii) Oxford	Goldberg		
YANNAKOULIA et al., 2007	Griechenland	ab 18	2.631 (1.343/1.288)	FFQ (∞)	nein	Schofield	Goldberg	LER: < 1,14 HER: > 2,40	12,2 % (9,9 % / 14,6 %)
									2,5 %

<sup>1</sup>Berechnung des TEE; Spezifische Gleichungen für die <sup>2</sup> brasilianische, <sup>3</sup> neuseeländische, <sup>4</sup>japanische Bevölkerung; m: männlich; w: weiblich; PAL: Level der körperlichen Aktivität; ns: nicht signifikant, SD: Standardabweichung; 24h-R: 24h-Recall; FFQ: Food-Frequency-Questionnaire; EP: Ernährungsprotokoll; DH: Diet-History

### 2.3.2 Personenbezogene Faktoren und Merkmale von LER

Die Komplexität von Misreporting zeigt sich u. a. in den vielfältigen Einflussfaktoren, die mit einer nicht plausibel protokollierten Energiezufuhr im Zusammenhang stehen (können). Hierzu stellt Abbildung 2 personenbezogene Faktoren und Merkmale dar, die bisher durch verschiedene Studien im Kontext von Misreporting untersucht worden sind. Die Variablen lassen sich vier Bereichen zuordnen: soziodemografische Merkmale, anthropometrische Kenngrößen, psychosoziale Faktoren und lebensstilbezogene Faktoren. Zu den soziodemografischen Merkmalen gehören das Geschlecht, das Alter sowie Variablen des sozioökonomischen Status (Bildung und Einkommen). Anthropometrische Daten, die oft im Zusammenhang mit Misreporting untersucht werden, sind das Körpergewicht bzw. der BMI, vereinzelt fließen ebenfalls der Taillen- und Hüftumfang in die Analysen ein. Die psychosozialen Faktoren beinhalten Aspekte zum Körperbild, zur sozialen Erwünschtheit, zur mentalen Verfassung der Teilnehmenden, zum Essverhalten sowie zur Historie der Gewichtsentwicklung. Rauchen, Alkoholkonsum, körperliche Aktivität sowie der allgemeine Gesundheitszustand (Selbsteinschätzung) können zu den lebensstilbezogenen Einflussfaktoren zusammengefasst werden.

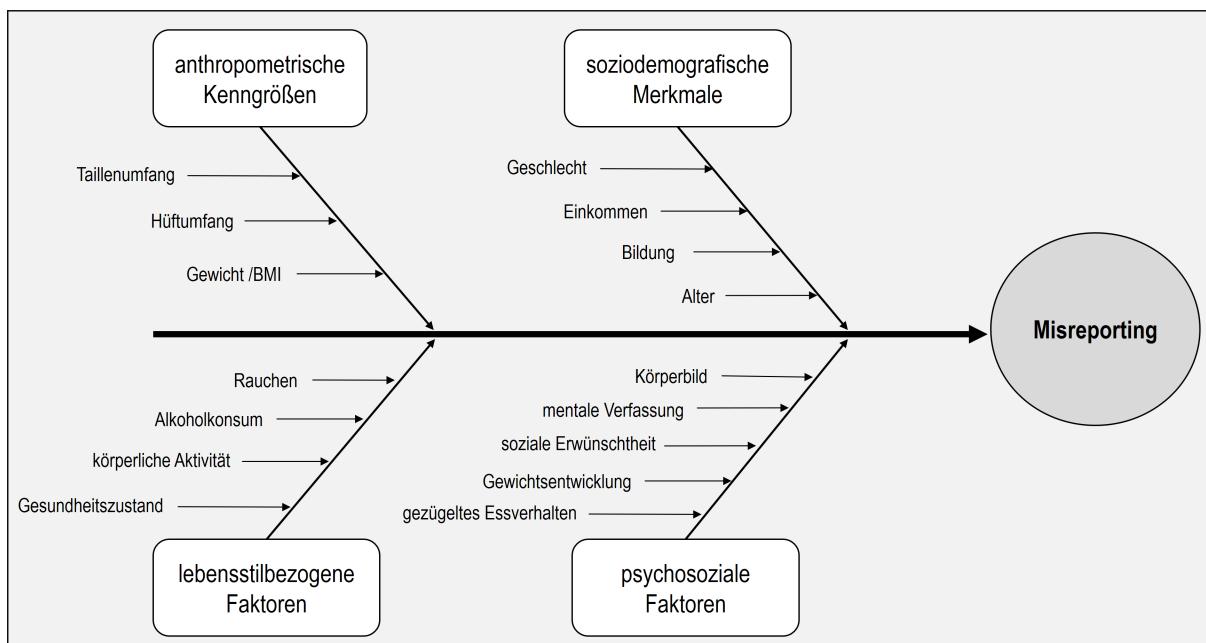


Abbildung 2: Übersicht über personenbezogene Faktoren und Merkmale, die im Zusammenhang mit Misreporting untersucht wurden (eigene Darstellung)

#### Anthropometrische Kenngrößen

Sowohl LIVINGSTONE und BLACK (2003) als auch POSLUSNA et al. (2009) zeigen in ihren Reviews, dass mit steigendem BMI die Wahrscheinlichkeit für LER bzw. der Anteil von LER signifikant steigt. Auch weitere, neuere Studien zeigen hier konsistente Ergebnisse. In 22 der 23 in Tabelle 6 dargestellten Studien zu den Charakteristika der LER war der BMI Gegenstand der Analysen. Davon bestätigen 19 Studien die positive Assoziation zwischen Körpergewicht und Low-energy-reporting. In drei Studien ist der Zusammenhang mit dem BMI nicht signifikant. Weitere drei Studien untersuchten neben dem BMI ebenfalls den Taillen- und Hüftumfang und zeigten auch hier einen signifikant positiven Zusammenhang (vgl. Tabelle 6).

**Tabelle 6:** Studienübersicht – anthropometrische Kenngrößen und soziodemografische Merkmale von LER

Autoren	Vergleichsgruppe	anthropometrische Kenngrößen		soziodemografische Merkmale			
		BMI	Taillen-/Hüftumfang	Geschlecht	Alter	Bildung	Ein-kommen
BAILEY et al., 2007	LER u. AER	(+)	(+)	ns	nicht untersucht	(-)	nicht untersucht
BANNA et al., 2015	IER u. AER	ns	nicht untersucht	nicht untersucht	ns	ns	ns
BEDARD et al., 2004	LER u. Nicht-LER	(+)	nicht untersucht	m	(+) <sub>w</sub>	(-) <sub>w</sub>	(+) <sub>m</sub> <sup>1</sup>
GARRIGUET, 2008b <sup>4</sup>	AER u. Gesamt	(+)	nicht untersucht	w	nicht untersucht	(-)	ns
GEMMING et al., 2014	LER u. Nicht-LER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht
JESSRI et al., 2016	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	ns	(+)	(-)	ns
KYE et al., 2014	LER u. Nicht-LER	(+)	nicht untersucht	w	(+/-)	(-)	(-)
LOPES et al., 2016	LER u. AER	ns	nicht untersucht	ns <sub>EP</sub> W24hR	ns	nicht untersucht	nicht untersucht
LUTOMSKI et al., 2010	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	m	(+) <sub>m</sub> (-) <sub>w</sub>	(+)	nicht untersucht
MAGALHÃES et al., 2019	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	w	(+)	(-)	ns
MARKUSSEN et al., 2016	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
MATTISON, et al., 2005	LER u. AER	(+)	(+)	nicht untersucht	(-)	(-)	nicht untersucht
MENDEZ et al., 2011	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
MENG et al., 2012	LER u. AER	(+)	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	ns	nicht untersucht
MURAKAMI et al., 2018	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	w <sup>2</sup>	(-)	nicht untersucht	nicht untersucht
MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	w	(+) <sup>3</sup>	(-)	(-)
RASMUSSEN et al., 2006	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	ns	ns	ns	nicht untersucht
RAVELLI et al., 2018	LER u. AER	ns	nicht untersucht	nicht untersucht	ns	nicht untersucht	nicht untersucht
RHEE et al., 2015	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
RIBAS-BARBA et al., 2009	AER u. Gesamt	nicht untersucht	nicht untersucht	W24hR nsFFQ	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
SHANESHIN et al., 2014	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	(+)	ns	nicht untersucht
VANRULLEN et al., 2014	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	ns	(-)	(-) <sub>w</sub>	nicht untersucht
YANNAKOULIA et al., 2007	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	w	(-)	(+) <sub>m</sub>	nicht untersucht

<sup>1</sup> finanzielle Situation (adäquat/arm) <sup>2</sup> Goldberg mit Schofield; <sup>3</sup> Goldberg; Indizes zeigen unterschiedliche Ergebnisse für Sub-Gruppen auf: w: weiblich; m: männlich; 24hR: 24 h-Recall; EP: Ernährungsprotokoll; IER: Implausible-Energy-Reporter; ns: nicht-signifikant; <sup>4</sup> prozentuale Unterschiede dargestellt, kein Test auf Signifikanz

### **Soziodemografische Merkmale**

Hinsichtlich des Einflusses des Geschlechts sind die Studienergebnisse weniger konsistent. Tabelle 6 zeigt, dass in vier der 13 Studien, die das Geschlecht berücksichtigen, die Ergebnisse nicht signifikant sind. In zwei Studien ist Low-energy-reporting eher bei Männern zu beobachten, wohingegen acht Untersuchungen zu dem Ergebnis kommen, dass LER häufiger unter Frauen zu finden sind. Allerdings sind diese Beobachtungen in zwei Studien abhängig von der Verzehrerhebungsmethode und in einer von dem verwendeten Cut-off. Sowohl LIVINGSTONE und BLACK (2003) als auch POSLUSNA et al. (2009) ziehen aus den ihrerseits gesichteten Studien den Schluss, dass vor allem Frauen dazu neigen, die Energiezufuhr nicht plausibel zu protokollieren, wenngleich manche der ihrerseits dargestellten Studien zu anderen Ergebnissen kommen. Die Studienergebnisse bezüglich des Einflusses des Alters sind ebenfalls nicht konsistent. Während vier Studien keine Alterseffekte nachweisen, kommen die Autoren von sechs Studien zu dem Ergebnis, dass tendenziell ältere Personen nicht plausibel protokollieren und in vier Arbeiten sind es die jüngeren Teilnehmenden (vgl. Tabelle 6). Sowohl LIVINGSTONE und BLACK (2003) als auch POSLUSNA et al. (2009) schlussfolgern, dass LER eher unter Älteren zu finden sind. Allerdings geben sie zu beachten, dass die Ergebnisse hier z. T. widersprüchlich sind. Weiterhin sind die Ergebnisse hinsichtlich der Bildung inkonsistent, tendenziell kommen mehr Studien zu dem Ergebnis, dass Low-energy-reporting mit einer geringeren Bildung assoziiert ist (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; POSLUSNA et al., 2009; Tabelle 6). Der Einfluss des Einkommens wurde in sechs Studien untersucht. Während vier Studien keinen signifikanten Zusammenhang mit Low-energy-reporting nachweisen können, berichten zwei Autorengruppen, dass LER ein signifikant geringeres Einkommen haben und eine weitere Studie zeigt, dass männliche LER seltener aus „armen“ (BEDARD et al., 2004) Verhältnissen kommen (vgl. Tabelle 6).

### **Lebensstilbezogene Faktoren**

Die Studien aus Tabelle 7 sowie die Ergebnisse von POSLUSNA et al. (2009) legen nahe, dass Raucher ihre Energiezufuhr seltener wahrheitsgetreu protokollieren, wohingegen in den Ergebnissen von LIVINGSTONE und BLACK (2003) Low-energy-reporting eher mit Nichtrauchen in Verbindung steht. Inwiefern der Alkoholkonsum mit LER assoziiert ist, wurde in sechs der dargestellten 23 Studien untersucht und die Ergebnisse sind nicht konsistent: Drei Studien zeigen keine signifikanten Zusammenhänge, zwei Untersuchungen kommen zu einem inversen Zusammenhang und eine Studie stellt einen positiven Zusammenhang zwischen LER und Alkoholkonsum dar (vgl. Tabelle 7). Ähnlich inkonsistent sind die Ergebnisse zur körperlichen Aktivität. Vier Studien zeigen keine signifikanten Zusammenhänge, zwei Studien zeigen, dass LER öfter angeben, sportlich aktiv zu sein und eine weitere Arbeit kommt zu gegenteiligen Ergebnissen. Fünf der in Tabelle 7 dargestellten Studien untersuchen, inwiefern der selbst-eingeschätzte Gesundheitszustand der Teilnehmenden mit einer nicht plausibel protokollierten Energiezufuhr im Zusammenhang steht. Lediglich zwei Arbeiten kommen zu dem Schluss, dass Personen, die ihren Gesundheitszustand eher schlecht einschätzen, häufiger nicht plausibel protokollieren. Alle anderen Arbeiten zeigen nicht signifikante Ergebnisse.

**Tabelle 7:** Studienübersicht – lebensstilbezogene Faktoren von LER

Autoren	Vergleichsgruppe	lebensstilbezogene Faktoren			
		Rauchen	Alkoholkonsum	körperliche Aktivität	Gesundheitszustand
BAILEY et al., 2007	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
GARRIGUET, 2008b <sup>1</sup>	AER u. Gesamt	ns	(+)	nicht untersucht	ns
JESSRI et al., 2016	LER u. AER	(+)	ns	ns	ns
KYE et al., 2014	LER u. Nicht-LER	(+) <sub>m</sub>	ns	ns	(-)
LOPES et al., 2016	LER u. AER	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
LUTOMSKI et al., 2010	LER u. AER	(+) <sub>w</sub>	ns	nicht untersucht	nicht untersucht
MAGALHÃES et al., 2019	LER u. AER	(-)	nicht untersucht	nicht untersucht	(-)
MARKUSSEN et al., 2016	LER u. AER	ns	(-)	(-)	nicht untersucht
MATTISON, et al., 2005	LER u. AER	ns	nicht untersucht	(+)	nicht untersucht
MENG et al., 2012	LER u. AER	nicht untersucht	nicht untersucht	(+)	nicht untersucht
MURAKAMI et al., 2018	LER u. AER	(+)	(-)	nicht untersucht	nicht untersucht
MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015	LER u. AER	(+) <sup>2</sup>	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
RASMUSSEN et al., 2006	LER u. AER	(-)	nicht untersucht	ns	ns
SHANESHIN et al., 2014	LER u. AER	ns	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
YANNAKOULIA et al., 2007	LER u. AER	ns	nicht untersucht	ns	nicht untersucht

<sup>1</sup> prozentuale Unterschiede dargestellt, kein Test auf Signifikanz; <sup>2</sup> Huang-Ansatz; Indizes zeigen unterschiedliche Ergebnisse für Sub-Gruppen auf: w: weiblich; m: männlich; ns: nicht-signifikant

### Psychosoziale Faktoren

Psychosoziale Einflussfaktoren wurden vereinzelt in den Studien erhoben, sind aber z. T. aufgrund ihrer Komplexität in der Quantifizierung nur schwer miteinander vergleichbar. Dennoch scheint eine Unzufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht sowie eine vorangegangene Gewichtszunahme ein Prädiktor für eine nicht plausibel protokollierte Energiezufuhr zu sein (vgl. KYE et al., 2014; LUTOMSKI et al., 2010; MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015; RASMUSSEN et al., 2006). LER neigen außerdem dazu „sozial erwünschte“ Antworten zu geben. Diese Ergebnisse sind z. T. abhängig von der Erhebungsmethode sowie vom Geschlecht und Bildungsniveau (vgl. MAURER et al., 2006). Weiterhin berichten MAURER et al. (2006) von elf Studien, die einen signifikanten Zusammenhang zwischen einem gezügelten Essverhalten und einer zu geringen Energiezufuhr protokollieren. Die

Ergebnisse für ein enthemmtes Essverhalten sind nicht konsistent (vgl. MAURER et al., 2006). Welchen Einfluss die mentale Verfassung (z. B. Depression) auf die Plausibilität der protokollierten Energiezufuhr hat, wurde bislang wenig untersucht. KRETSCH et al. (1999) zeigten, dass übergewichtige Frauen mit einem geringen Beck-Depressions-Inventar (BDI)-Score<sup>1</sup> eher dazu neigen, ihre Energiezufuhr nicht plausibel zu protokollieren, als Frauen mit einem höheren BDI-Score. Im Gegensatz dazu kommen LUTOMSKI et al. (2010) zu dem Ergebnis, dass mit dem Vorliegen einer depressiven Erkrankung die Wahrscheinlichkeit für Low-energy-reporting steigt. Nach Adjustierung für alle untersuchten Einflussgrößen ist dieser Zusammenhang allerdings nicht mehr signifikant.

### 2.3.3 Auswirkungen von Misreporting

#### **Von Misreporting besonders betroffene Lebensmittelgruppen**

Im Kontext von lebensstilbezogenen Einflussfaktoren auf Misreporting kann vermutet werden, dass LER eher Lebensmittel nicht protokollieren, die energiedicht sowie nährstoffarm sind und damit als „ungesund“ gelten. Diese Vermutung haben LIVINGSTONE und BLACK (2003) in ihrem Review durch verschiedene Studien bestätigt. So protokollieren LER tendenziell mehr Gemüse, Salat, Obst, Fleisch und Fisch und weniger Kuchen, Kekse, Süßigkeiten und Softdrinks. Wobei die Ergebnisse nicht immer konsistent mit aktuelleren Studien sind (vgl. Tabelle 8). RASMUSSEN et al. (2006) konnten beispielsweise keine signifikanten Unterschiede im Gemüse-, Obst- und Fischverzehr zwischen LER und AER nachweisen. Weiterhin zeigen einige Studien, dass LER signifikant weniger Obst verzehren (vgl. BAILEY et al., 2007; JOHANSSON et al., 2002; KYE et al., 2014; STRAßBURG et al., 2017). Auch wird in Studien von einem geringeren Fleischverzehr durch LER berichtet (vgl. BAILEY et al., 2007, JOHANSSON et al., 2001; KYE et al., 2014). STRAßBURG et al. (2017) haben ebenfalls Daten der NVS II ausgewertet und analysiert, inwiefern sich die Ergebnisse für die verschiedenen Verzehrerhebungsmethoden u. a. im Hinblick auf den Lebensmittelverzehr unterscheiden. Unter Verwendung eines 24h-Recalls und eines Ernährungsprotokolls verzehren LER beispielsweise weniger rohes Gemüse. Wird der Lebensmittelverzehr allerdings über eine Diet-History erfasst, sind diese Unterschiede nicht signifikant. Ähnliche Beispiele finden sich für die Lebensmittelgruppen gegartes Gemüse, Fleisch, Fisch, Bier und Wasser (vgl. Tabelle 8).

---

<sup>1</sup> Der Beck-Depressions-Inventar misst die Schwere einer Depression. Je höher die Punktzahl, desto schwerer die Depression.

Tabelle 8: Studienübersicht – Lebensmittelverzehr von LER

Autoren	Einheit	Vergleichsgruppe	LER protokollieren mehr ...	LER protokollieren weniger ...	Keine signifikanten Unterschiede
BAILEY et al., 2007	Port./Tag	LER u. AER	-	Brot, Obst, (stärkehaltiges) Gemüse, Fleisch/Fleischprodukte, Milch, Käse, Fette/Ole, Desserts auf Milchbasis, Süßigkeiten, süßes Gebäck	Cerealien, Zitrusfrüchte/Melonen/Beeren, grünes Gemüse, Obstsaft, Fisch, Eier, Kartoffeln/Pasta/Reis
JESSRI et al., 2016	EN%	LER u. AER	Obst/Gemüse E	SoFAS	Obst/Gemüse J
JOHANSSON et al., 2001	Port./Tag	LER u. AER	-	Brot, Obst m, Fleisch m, Milchprodukte w, Kartoffeln/Pasta/Reis w, Süßigkeiten, Streichfett, alkoholische Getränke w	Obst w, Fleisch w, Fisch, Milchprodukte m, Kartoffeln/Pasta/Reis m, alkoholische Getränke m
KLINGENBERG et al., 2007	g/10 MJ	LER u. AER	Gemüse, Kartoffeln/Pasta/Reis, Fast Food	Käse	Obst, Milchprodukte, Snacks, Brotaufstriche, Soft Drinks
KYE et al., 2014	% vom Verzehr	LER u. Nicht-LER	Cerealien, Gemüse	Obst w, Fleisch, Kartoffeln, Getränke m	Obst m, Fisch, Milch, Getränke w
MENDEZ et al., 2011	g/MJ	LER u. AER	Obst, Gemüse	süßes Gebäck	-
RASMUSSEN et al., 2006	g/MJ	LER u. AER	-	zugesetzter Zucker (EN%)	Obst und Gemüse, Fisch
RAVELLI et al., 2018	kcal/Tag	LER u. AER	-	Brot, Wurzel-/Knollengemüse, Bohnen/andere proteinreiche LM, Fleisch/Fisch/Eier, Milch/Milchprodukte, Pasta, Süßigkeiten, Fast Food, verarbeitete, salzige Produkte, Getränke	Obst, (grünes Blatt-) Gemüse
STRASSBURG, et al., 2017	g/Tag	LER u. AER	Wasser 24hR, EP	Brot, Obst, rohes Gemüse 24hR, EP, gegartes Gemüse DH, EP, Fleisch DH, EP, Fleischprodukte, Fisch DH, 24hR, Eier, Milch/Milchprodukte, Kartoffeln, Süßigkeiten, süßes Gebäck, Bier DH, EP, Wein EP, 24hR Nüsse/Samen, Kaffee/Tee	rohes Gemüse DH, gegartes Gemüse 24hR, Fleisch 24hR, Fisch EP, Bier 24hR, Wasser DH
YANNAKOULIA et al., 2007	Port./Woche	LER u. AER	Milchprodukte m, Kartoffel w, Fleisch, Geflügel w	Gemüse w, Fisch m	Obst, Cerealien, Hülsenfrüchte, Nüsse, Eier, Süßes

SoFAS: solid fat and added sugar; EN%: Energieprozent; Indizes zeigen unterschiedliche Ergebnisse für Untergruppen auf: w: weiblich, m: männlich, 24hR: 24-h-Recall, EP: Ernährungsprotokoll, DH: Diet-History; E: Erwachsene; J: Jugendliche

## **Ernährungsverhalten und Ernährungsmuster von Low-Energy-Reportern**

Im Hinblick auf das Ernährungsverhalten zeigen Studien, dass LER weniger (Zwischen-)Mahlzeiten und Snacks protokollieren (vgl. MAURER et al., 2006; LIVINGSTONE und BLACK, 2003; LUTOMSKI et al. 2010). Im Gegensatz dazu stellen LOPES et al. (2016) fest, dass Misreporting mit einem unregelmäßigen Essverhalten assoziiert ist und Mahlzeiten öfter durch Snacks ersetzt werden.

Studien, die unter Berücksichtigung definierter Ernährungsmuster die Auswirkungen von Misreporting betrachten, sind selten. LUTOMSKI et al. (2010) und OLZA et al. (2019) untersuchten, inwiefern sich die Ernährungsqualität (bestimmt über verschiedene Indices) zwischen LER und AER unterscheidet. In der Arbeit von LUTOMSKI et al. (2010) wurde gezeigt, dass LER im Vergleich zu AER eine ungünstigere Ernährungsqualität aufweisen. In der Arbeit von OLZA et al. (2019) konnten entsprechende Unterschiede in der Ernährungsqualität zwischen der gesamten Studienpopulation und AER für einen von fünf angewandten Indices zur Bestimmung der Ernährungsqualität gezeigt werden. Weiterhin haben einige Autoren den Einfluss von Misreporting auf a posterior definierte Ernährungsmuster untersucht. Dabei wurden entsprechende statistische Verfahren (vgl. Kapitel 2.4) sowohl für die gesamte Studienpopulation als auch für AER angewandt und die Ergebnisse miteinander verglichen. Die meisten Arbeiten kommen zu dem Ergebnis, dass generell ähnliche Ernährungsmuster mit und ohne LER identifiziert werden (vgl. BAILEY et al., 2007; FUNKTICOVA et al., 2015; MARKUSSEN et al., 2016). Im Gegensatz dazu werden in einer Studie anhand der gesamten Population drei, nach Ausschluss der LER nur noch zwei Ernährungsmuster identifiziert (vgl. SHANESHIN et al., 2014). FUNKTICOVA et al. (2015) stellen in ihrer Arbeit die drei Ernährungsmuster „healthy“, „mixed“ und „western“ fest und zeigen, dass sich im Ernährungsmuster „mixed“ die meisten LER wiederfinden. Durch den Ausschluss der LER ändert sich folglich die Verteilung zwischen den drei Mustern sowie deren soziodemografische Struktur. Auch zwei weitere Arbeiten zeigen, dass LER zwischen den Ernährungsmustern nicht gleichverteilt sind. SCAGLIUSI et al. (2008) kommen zu dem Ergebnis, dass der Anteil an LER im „healthy“- Ernährungsmuster am größten ist. Damit einhergehend zeigt eine weitere Arbeit, dass die wenigsten LER dem Ernährungsmuster „unhealthy“ zugeordnet werden können (vgl. SHANESHIN et al., 2014).

## **Einfluss von Misreporting auf die Nährstoffversorgung**

Durch ein selektives Nicht-Protokollieren bestimmter Lebensmittelgruppen müsste sich die Nährstoffversorgung zwischen LER und Nicht-LER entsprechend unterscheiden. Auch hierzu haben LIVINGSTONE und BLACK (2003) 20 Studien verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass LER prozentual mehr Energie aus Proteinen zuführen und weniger aus Fetten. Diese Ergebnisse werden durch jüngere Studien gestützt (Tabelle 9). POSLUSNA et al. (2009) trugen in ihrem Review ebenfalls konsistente Ergebnisse bzgl. einer höheren Energiezufuhr aus Proteinen zusammen, allerdings kommen sie hinsichtlich der Energiezufuhr aus Fetten zu weniger einheitlichen Ergebnissen. Eine Tendenz zu einer geringeren Energiezufuhr aus Fetten wird dennoch aufgezeigt. Die Ergebnisse für die Energiezufuhr aus Kohlenhydraten sind in beiden Reviews nicht konsistent. Einige Studien untersuchen die Zufuhr von Energie aus Stärke bzw. Zucker und zeigen, dass LER im Vergleich zu Nicht-LER tendenziell mehr Energie aus Stärke und weniger aus Zucker zuführen (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003).

Werden die absoluten Werte für die Energiezufuhr adjustiert, weisen LER eine tendenziell höhere Nährstoffdichte auf als Nicht-LER. POSLUSNA et al. (2009) zeigen auf, dass die Ergebnisse diesbezüglich nicht konsistent sind. Ähnliches gilt für die Ballaststoffzufuhr, allerdings wurden hierzu bislang nur wenige Studien durchgeführt: Absolut gesehen zeigen LER eine geringere Zufuhr an Ballaststoffen (vgl. BANNA et al., 2015; GARRIGUET, 2008a; RAVELLI et al., 2018), adjustiert für die gesamte Energiezufuhr ist die Ballaststoffzufuhr der LER jedoch höher als die der AER (vgl. KLINGENBERG et al., 2007; LUTOMSKI et al., 2010). RASMUSSEN et al. (2006) beobachten keine signifikanten Unterschiede.

In die Auswertungen von LIVINGSTONE und BLACK (2003) floss auch die prozentuale Energiezufuhr aus Alkohol ein. Die Unterschiede zwischen LER und Nicht-LER sind jedoch selten signifikant, und wenn, dann trifft dies häufiger für Frauen zu. In den neueren Studien zeigen sich inkonsistente Ergebnisse. Die Alkoholzufuhr wurde in fünf der neun Studien erfasst. Hiervon kommen zwei zu nicht signifikanten Unterschieden zwischen LER und AER. Jeweils eine berichtet von einer signifikant höheren bzw. niedrigeren Energiezufuhr aus Alkohol bei LER im Vergleich zu AER. Eine weitere Studie zeigt, dass LER absolut weniger Alkohol zuführen als AER.

Weiterhin zeigen drei Studien, dass durch Misreporting der Anteil derer, die die Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr nicht erreichen, überschätzt wird (vgl. BANNA et al., 2015; KYE et al., 2014; RIBAS-BARBA et al., 2009). Zwar liegen in den Untersuchungen von BANNA et al. (2015) sowohl LER als auch AER im Mittel innerhalb der Empfehlungen für die Energie-, Protein-, Kohlenhydrat- und Fettzufuhr. Im Hinblick auf die Ballaststoff- und Mikronährstoffversorgung erreicht ein größerer Anteil der LER die Empfehlungen allerdings nicht. Auch in der Arbeit von KYE et al. (2014) ist der Anteil derer, die die Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr nicht erreichen, unter den LER signifikant höher als unter den AER. RIBAS-BARBA et al. (2009) vergleichen die Ergebnisse zwischen der gesamten Studienpopulation mit einer ausschließlichen Betrachtung von AER. Sie zeigen, dass der Anteil derer, die die Empfehlungen nicht erreichen, um bis zu 21,8 % sinkt.

**Tabelle 9:** Studienübersicht - Nährstoffversorgung von LER

Autoren	Vergleichsgruppe	Energie aus Fetten	Energie aus SFA	Energie aus Kohlenhydraten	Energie aus Protein	Alkohol	Ballaststoffe	Mineralstoffe	Vitamine
BANNA et al., 2015	IER u. AER	ns	ns	ns	(+)	nicht untersucht	(-) <sup>1</sup>	ns <sup>1</sup>	Vit E (-) <sup>1</sup>
BEDARD et al., 2004	LER u. Nicht-LER	(-) <sub>w</sub>	nicht untersucht	(+) <sub>w</sub>	(+) <sub>m</sub>	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
GARRIGUET, 2008a <sup>4</sup>	AER u. Gesamt	(-)	(-)	(+)	(+)	(-) <sup>1</sup>	(-) <sup>1</sup>	(-) <sup>1</sup>	(-) <sup>1,2</sup>
KLINGENBERG et al., 2007	LER u. AER	(-)	nicht untersucht	(+)	ns	ns	(+)	Ca (+) Fe (-)	Vit C (+)
LUTOMSKI et al., 2010	LER u. AER	(-)	nicht untersucht	(+)	(+)	(+)	(+)	Ca (+) Fe (+)	Vit C (+) Folat (+)
MAGALHÃES et al. 2019	LER u. AER	(-)	nicht untersucht	(+)	(+)	(-)	(+)	Na (+) Ca (+)	Vit A (+) Folat (+)
MENDEZ et al., 2011	LER u. AER	(-) <sup>3</sup>	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
MENG et al., 2012	LER u. AER	(-)	nicht untersucht	(+)	(+)	(-)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht
RASMUSSEN et al., 2006	LER u. AER	ns	nicht untersucht	ns	(+)	ns	ns	nicht untersucht	nicht untersucht
RAVELLI et al., 2018	LER u. AER	(-) <sup>1</sup>	nicht untersucht	(-) <sup>1</sup>	(-) <sup>1</sup>	nicht untersucht	(-) <sup>1</sup>	Ca (-) <sup>1</sup>	Vit C (-) <sup>1</sup>
YANNAKOULIA et al., 2007	LER u. AER	ns	nicht untersucht	ns	(+)	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht	nicht untersucht

SFA: Saturated Fatty Acids; m: männlich; w: weiblich; PAL: Level der körperlichen Aktivität; Ca: Calcium; Fe: Eisen; Vit.: Vitamin; <sup>1</sup>absolute Angaben; <sup>2</sup>außer Vitamin B<sub>12</sub>; <sup>3</sup>unabhängig von der verwendeten Methode;

<sup>4</sup>prozentuale Unterschiede dargestellt, kein Test auf Signifikanz

## 2.4 Definition von Ernährungsmustern

Bei der Definition von Ernährungsmustern wird zwischen zwei Ansätzen unterschieden: a posterior und a priori. Der a posterior-Ansatz basiert auf statistischen Verfahren wie der Clusteranalyse, Hauptkomponentenanalyse und der Faktorenanalyse und identifiziert so, auf Grundlage der erhobenen Verzehrdaten, populationsspezifische Essmuster (vgl. PANAGIOTAKOS, 2008). Im Gegensatz dazu werden über den a priori-Ansatz Ernährungsmuster auf Grundlage von existierenden Empfehlungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen definiert und über die verzehrten Lebensmittel oder Nährstoffe Scores bzw. Indices berechnet (vgl. PANAGIOTAKOS, 2008). Die erreichte Punktzahl spiegelt die Einhaltung der jeweiligen Ernährungsempfehlung wider, dabei entspricht eine hohe Punktzahl einer günstigen, den Empfehlungen entsprechenden Ernährungsweise. Mittlerweile existieren viele verschiedene Indices zur Beurteilung der Ernährungsqualität, wie auch BURGGRAF et al. (2018) in ihrem Review darstellen. Sie identifizieren 57 verschiedene Indices oder deren Abwandlung, welche allesamt vornehmlich auf dem Diet Quality Index (PATTERSON et al., 1994), dem Healthy Eating Index (HEI) (KENNEDY et al., 1995) und dem Mediterranean Diet Score (TRICHOPOULOU et al., 1995) beruhen. Aufbauend auf dem HEI, welcher auf den US-amerikanischen Ernährungsempfehlungen basiert, entwickelten RUESTEN et al. (2009 und 2010) den German Food Pyramid Index (GFPI), welcher auf den deutschen Ernährungsempfehlungen basiert. Grundlage hierfür bilden die empfohlenen Verzehrhäufigkeiten und Portionsgrößen der Ernährungspyramide des Bundeszentrums für Ernährung (BZfE) (vgl. BLE, 2018). Durch das Verhältnis von tatsächlicher zur empfohlenen Verzehrfrequenz bzw. umgekehrt werden für jedes Individuum Punktzahlen vergeben. Für jede der acht Lebensmittelgruppen können daher maximal zehn Punkte erreicht werden. Durch weitere 30 Zusatzpunkte liegt die Gesamtpunktzahl bei 110. Die individuelle Punktzahl spiegelt damit die Einhaltung der Empfehlungen wider (vgl. RUESTEN et al., 2009; RUESTEN et al., 2010). Ein weiterer, auf deutschen Empfehlungen basierender Index wurde durch WITTING (2015; WITTING und HOFFMANN, 2010) entwickelt und hatte ursprünglich das Ziel, die Ernährungsqualität von Bio- und Nicht-Bio-Käufern anhand der Daten der NVS II zu bewerten (HEI-NVS). Er baut sowohl auf dem GFPI als auch auf dem HEI auf, allerdings erfolgt die Gruppierung der Lebensmittel entsprechend den Lebensmittelgruppen der NVS. Darüber hinaus bilden die Orientierungswerte für den Lebensmittelverzehr der DGE (vgl. DGE, 2016) die Empfehlungsgrundlage für diesen Index. Analog zum GFPI werden die tatsächlich verzehrten Lebensmittelmengen mit den Empfehlungen verglichen und für jede Lebensmittelgruppe maximal zehn Punkte vergeben. Eine Ausnahme bilden die Gruppen Obst und Gemüse, hier können jeweils fünf Extrapunkte erreicht werden. Damit entspricht die zu erreichende Gesamtpunktzahl 110 (vgl. WITTING, 2015; WITTING und HOFFMANN, 2010).

### 3 MATERIAL UND METHODEN

Die vorliegende Studie beruht auf einer Sekundärauswertung der Wiegeprotokoll-Daten der NVS II. Bei der NVS II handelt es sich um eine bundesweite repräsentative Querschnittserhebung, welche von November 2005 bis Januar 2007 im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durch das Max-Rubner-Institut (MRI) durchgeführt wurde (MRI, 2008a). Im Folgenden wird zunächst das Vorgehen zur Identifikation von Misreporting, zur Einteilung der Lebensmittelgruppen, zur Analyse der Nährstoffversorgung sowie zur Charakterisierung der Ernährungsmuster beschrieben, bevor die statistischen Auswertungsmethoden und Kennzahlen vorgestellt werden. Das Kapitel schließt mit der Beschreibung der Studienpopulation.

#### 3.1 Identifikation von Misreporting

Für die Identifikation von Misreporting in der vorliegenden Arbeit wurden die vier, in Kapitel 2.2 dargestellten, Wege angewandt und miteinander verglichen (vgl. Tabelle 10). Dabei wurden sowohl verschiedene Ansätze zur Ermittlung der Cut-offs als auch unterschiedliche Gleichungen zur Schätzung des ER eingesetzt. Da die Daten keine objektive Messung der körperlichen Aktivität liefern, wurde nach den Empfehlungen von BLACK (2000a) ein PAL von 1,55 angenommen. In den beiden Ansätzen werden die KI mit unterschiedlichen Standardabweichungen (SD) berechnet (Goldberg 2 SD und Huang 1 SD), daher wurden für eine Vergleichbarkeit die KI für 2 SD, 1,5 SD sowie für 1 SD gebildet (vgl. GARRIGUET, 2008a; MENDEZ et al., 2011).

**Tabelle 10:** Übersicht der angewandten Vorgehensweisen zur Identifikation von Misreporting

Ansatz nach	geschätzter Energiebedarf
Goldberg <sup>1</sup>	Oxford (BMR) <sup>3</sup>
Goldberg <sup>1</sup>	Müller (REE) <sup>4</sup>
Huang <sup>2</sup>	Müller (REE) <sup>4</sup>
Huang <sup>2</sup>	IOM (TEE) <sup>5</sup>

<sup>1</sup> GOLDBERG et al., 1991/BLACK, 2000a; <sup>2</sup> HUANG et al., 2005; <sup>3</sup> HENRY, 2005; <sup>4</sup> MÜLLER et al., 2004; <sup>5</sup> IOM, 2005

#### Goldberg-Cut-off

In einem ersten Schritt wurden AER, LER und HER über den Goldberg-Cut-off identifiziert. Hierbei wurde zur Berechnung des BMR bzw. REE zum einen die Oxford- (HENRY, 2005) und zum anderen die Müller-Gleichung (MÜLLER et al. 2004) eingesetzt. Zur Berechnung des Goldberg-Cut-offs wurden folgende Variationskoeffizienten angenommen:  $CV_{rEI} = 23,0\%$ ,  $CV_{BMR} = 15,0\%$ ,  $CV_{PAL} = 8,5\%$  (BLACK, 2000a). Eingesetzt in die dargestellte Gleichung aus Kapitel 2.2.1 für die Streuung ergibt sich  $S = 19,06\%$ . Unter Berücksichtigung verschiedener SD zur Berechnung der Cut-off-Werte ergeben sich die in Tabelle 11 dargestellten KI. Demnach werden Individuen als LER bezeichnet, wenn das Verhältnis rEI:REE unterhalb der unteren Grenze liegt. Analog sind HER Personen mit einem Quotienten oberhalb des oberen Cut-offs.

**Tabelle 11:** Goldberg-Cut-off zur Identifikation von Misreporting für 1 SD, 1,5 SD und 2 SD

± 2 SD Cut-off	± 1,5 SD Cut-off	± 1 SD Cut-off
1,06	2,27	1,17

### Vergleich von protokollierter Energiezufuhr mit dem geschätzten Energiebedarf

Für die Berechnung des KI nach dem Huang-Ansatz wurde der Energiebedarf zum einen über die Gleichung für den TEE des IOM (2005) und zum anderen über die Müller-Gleichung zur Berechnung des REE, multipliziert mit dem PAL, berechnet. Für die Variationskoeffizienten wurden folgende Werte angenommen:  $CV_{\text{REF}} = 23,0\%$  (vgl. BLACK, 2000a) und  $CV_{\text{mTEE}} = 8,2\%$  (vgl. BLACK und COLE, 2000). Der  $CV_{\text{PER}}$  wurde getrennt nach Altersgruppe, Geschlecht und geschätztem Energiebedarf berechnet. Eine Unterteilung nach Gewichtsstatus hat nicht stattgefunden, da hier die Fallzahlen in den Untergruppen teilweise sehr gering ausfallen. Die Tabelle 12 und Tabelle 13 stellen die berechneten  $CV_{\text{PER}}$  sowie die zugehörigen Cut-offs zur Identifikation von Misreporting dar.

**Tabelle 12:** Variationskoeffizienten des geschätzten Energiebedarfs ( $CV_{\text{PER}}$ ) sowie Cut-offs zur Identifikation von Misreporting über den Huang-Ansatz und Schätzung des Energiebedarfs über die Müller-Gleichung getrennt nach Geschlecht und Altersgruppe

Gruppe	n	$CV_{\text{PER}}$	$\pm 1$ SD Cut-off			$\pm 1,5$ SD Cut-off			$\pm 2$ SD Cut-off		
<b>Männer</b>											
14 bis 18 Jahre	28	6,4 %	13,2 %	0,868	1,132	19,8 %	0,802	1,198	26,4 %	0,736	1,264
19 bis 24 Jahre	16	6,4 %	13,2 %	0,868	1,132	19,8 %	0,802	1,198	26,4 %	0,736	1,264
25 bis 34 Jahre	30	7,1 %	13,5 %	0,865	1,135	20,3 %	0,797	1,203	27,1 %	0,729	1,271
35 bis 50 Jahre	124	7,7 %	13,9 %	0,861	1,139	20,8 %	0,792	1,208	27,7 %	0,723	1,277
51 bis 64 Jahre	114	9,6 %	15,0 %	0,850	1,150	22,5 %	0,775	1,225	30,0 %	0,700	1,300
65 bis 80 Jahre	87	7,7 %	13,9 %	0,861	1,139	20,8 %	0,792	1,208	27,7 %	0,723	1,277
<b>Frauen</b>											
14 bis 18 Jahre	47	7,5 %	13,8 %	0,862	1,138	20,7 %	0,793	1,207	27,6 %	0,724	1,276
19 bis 24 Jahre	39	12,9 %	17,3 %	0,827	1,173	26,0 %	0,740	1,260	34,7 %	0,653	1,347
25 bis 34 Jahre	58	9,8 %	15,1 %	0,849	1,151	22,7 %	0,773	1,227	30,2 %	0,698	1,302
35 bis 50 Jahre	179	11,4 %	16,2 %	0,838	1,162	24,3 %	0,757	1,243	32,4 %	0,676	1,324
51 bis 64 Jahre	134	10,7 %	15,7 %	0,843	1,157	23,6 %	0,764	1,236	31,4 %	0,686	1,314
65 bis 80 Jahre	87	9,0 %	14,7 %	0,853	1,147	22,0 %	0,780	1,220	29,3 %	0,707	1,293

**Tabelle 13:** Variationskoeffizienten des geschätzten Energiebedarfs ( $CV_{\text{PER}}$ ) sowie Cut-offs zur Identifikation von Misreporting über den Huang-Ansatz und Schätzung des Energiebedarfs nach IOM getrennt nach Geschlecht und Altersgruppe

Gruppe	n	$CV_{\text{PER}}$	$\pm 1$ SD Cut-off			$\pm 1,5$ SD Cut-off			$\pm 2$ SD Cut-off		
<b>Männer</b>											
14 bis 18 Jahre	28	12,3 %	16,9%	0,831	1,169	25,3 %	0,747	1,253	33,7 %	0,663	1,337
19 bis 24 Jahre	16	7,3 %	13,7%	0,863	1,137	20,5 %	0,795	1,205	27,3 %	0,727	1,273
25 bis 34 Jahre	30	7,7 %	13,9%	0,861	1,139	20,8 %	0,792	1,208	27,7 %	0,723	1,277
35 bis 50 Jahre	124	8,3 %	14,2%	0,858	1,142	21,3 %	0,787	1,213	28,5 %	0,715	1,285
51 bis 64 Jahre	114	10,4 %	15,5%	0,845	1,155	23,3 %	0,767	1,233	31,1 %	0,689	1,311
65 bis 80 Jahre	87	8,9 %	14,6%	0,854	1,146	21,9 %	0,781	1,219	29,1 %	0,709	1,291
<b>Frauen</b>											
14 bis 18 Jahre	47	7,8 %	13,9%	0,861	1,139	20,9 %	0,791	1,209	27,9 %	0,721	1,279
19 bis 24 Jahre	39	6,8 %	13,4%	0,866	1,134	20,1 %	0,799	1,201	26,8 %	0,732	1,268
25 bis 34 Jahre	58	6,7 %	13,4%	0,866	1,134	20,0 %	0,800	1,200	26,7 %	0,733	1,267
35 bis 50 Jahre	179	7,9 %	14,0%	0,860	1,140	21,0 %	0,790	1,210	28,0 %	0,720	1,280
51 bis 64 Jahre	134	7,8 %	13,9%	0,861	1,139	20,9 %	0,791	1,209	27,9 %	0,721	1,279
65 bis 80 Jahre	87	8,0 %	14,1%	0,859	1,141	21,1 %	0,789	1,211	28,1 %	0,719	1,281

## 3.2 Lebensmittelgruppierung

Die Gruppierung der Lebensmittel erfolgte seitens des MRI (2014a) und ist im Ergebnisbericht Teil 2 der NVS II (vgl. MRI, 2008c) sowie im 12. Ernährungsbericht der DGE (vgl. HESEKER, 2012) ausführlich dargestellt. Für die vorliegende Arbeit wurden relevante Lebensmittelgruppen ausgewählt, sodass insgesamt 14 Gruppen, teilweise mit Untergruppierungen, in die Analysen eingeflossen sind. Diese sind in Tabelle A-1 im Anhang dargestellt. Unterschiede im Lebensmittelverzehr zwischen LER und AER wurden zum einen absolut untersucht und zum anderen wurden die verzehrten Mengen der Lebensmittelgruppen für die Energiezufuhr wie folgt adjustiert:

$$\text{energieadjustierter Verzehr} \left[ \frac{\text{g}}{1000 \text{ kcal}} \right] = \frac{\text{Verzehr [g]}}{\text{Gesamtenergie [kcal]}} * 1000 \quad (3.1)$$

## 3.3 Nährstoffversorgung - Vergleich mit den D-A-CH-Referenzwerten

Seitens des MRI wurden die Daten der Wiegeprotokolle für jede Person gewichtet, sodass sich eine Gleichverteilung der sieben Wochentage ergab. Auf dieser Grundlage wurde der gewichtete durchschnittliche Verzehr der Lebensmittel pro Tag ermittelt (vgl. MRI, 2014a) und anschließend die Nährstoffzufuhr über den BLS 3.02 bestimmt. Dabei wurden Nährstoffe aus Supplementen nicht berücksichtigt. Mit Vitaminen und Mineralstoffen angereicherte Lebensmittel wurden nur dann in die Analysen einbezogen, wenn diese im BLS 3.02 enthalten waren. Im Vergleich zum BLS II.3 wurden einige angereicherte Lebensmittel eingepflegt (vgl. MRI, 2014b). So wurden beispielsweise mit Vitaminen und Mineralstoffen angereicherte Cerealien, Säfte, Sojadrinks und -joghurts in die Nährstoffdatenbank aufgenommen. Die Nährstoffversorgung wurde sowohl absolut als auch in Relation zur protokollierten Energiezufuhr bestimmt, um für die Gesamtenergiezufuhr zu adjustieren. Dazu wurden die energieliefernden Makronährstoffe sowie die Ballaststoff- und Alkoholzufuhr in Energieprozent anhand folgender Formeln berechnet:

$$\text{Prozent der Energie aus Nährstoff [EN\%]} = \frac{\text{Nährstoff [kcal]}}{\text{Gesamtenergie [kcal]}} * 100 \quad (3.2)$$

Die Energiedichte der gesamten Ernährung wurde sowohl inklusive als auch exklusive der Getränke wie folgt berechnet:

$$\text{Energiedichte} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right] = \frac{\text{Gesamtenergie inkl. Getränke [kcal]}}{\text{Gesamtgewicht der protokollierten Lebensmittel und Getränke [g]}} \quad (3.3)$$

$$\text{Energiedichte}_{\text{nur Lebensmittel}} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right] = \frac{\text{Gesamtenergie ohne Getränke [kcal]}}{\text{Gesamtgewicht der protokollierten Lebensmittel [g]}} \quad (3.4)$$

Für die Mikronährstoffe sowie für die Ballaststoffe wurde die Nährstoffdichte bezogen auf 1000 kcal wie folgt bestimmt:

$$\text{Nährstoffdichte } \left[ \frac{\text{g, mg, } \mu\text{g}}{1000 \text{ kcal}} \right] = \frac{\text{Zufuhr eines Nährstoffs } [\text{g, mg, } \mu\text{g}]}{\text{Gesamtenergie } [\text{kcal}]} * 1000 \quad (3.5)$$

Anhand der aktuellen alters- und geschlechtsspezifischen Referenzwerte (vgl. DGE et al., 2018 sowie Tabelle A-2 und Tabelle A-3 im Anhang) wurde die berechnete Nährstoffzufuhr beurteilt. Zum einen wurde der Median der Zufuhr mit den Referenzwerten verglichen<sup>2</sup> und zum anderen wurde der Anteil der Personen, die die Referenzwerte nicht erreichen bzw. überschreiten, bestimmt. Ziel der D-A-CH-Referenzwerte ist es, durch deren Umsetzung die lebenswichtigen metabolischen, physischen und psychischen Funktionen in nahezu der gesamten gesunden Bevölkerung sicherzustellen sowie Gesundheitsschäden vorzubeugen. Sie bilden die Grundlage der lebensmittelbasierten Ernährungsempfehlungen (vgl. DGE et al., 2018).

### 3.4 Charakterisierung verschiedener Ernährungsmuster

Um die Ernährungsqualität in der vorliegenden Arbeit zu beurteilen, wurde der Healthy Eating Index der NVS II (HEI-NVS) (vgl. Kapitel 2.4) in leicht modifizierter Form angewandt. Tabelle 15 zeigt die Lebensmittelvariablen und die Bewertungsbasis des modifizierten HEI-NVS. Da die zugrundeliegenden Empfehlungen des original HEI-NVS ausschließlich für Erwachsene gelten, wurde der HEI-NVS dahingehend abgeändert, dass für die Altersgruppe 14 bis 18 Jahren die Mengenempfehlungen der optimierten Mischkost (vgl. KERSTING et al., 2017) einflossen. Die Berechnung der Indexwerte basiert auf dem German Food Pyramid Index (GFPI) und ist in der Arbeit von WITTING (2015; WITTING und HOFFMANN, 2010) ausführlich dargestellt und erläutert. Daher wird im Folgenden nur kurz auf die einzelnen Lebensmittelgruppen und insbesondere auf die Änderungen in der vorliegenden Arbeit eingegangen.

Aufgrund der hohen Nährstoffdichte und des präventiven Potentials von **Obst und Gemüse** können durch einen Verzehr oberhalb der Empfehlungen jeweils 5 Extrapunkte erreicht werden. 2017 wurden die 10 Regeln der DGE überarbeitet. Dabei wurde der Hinweis, dass ein Glas Fruchtsaft eine Portion Obst ersetzen kann, gestrichen. Gleichzeitig wurde aufgenommen, dass 25 g Nüsse bzw. Ölsaaten anstelle einer Portion Obst verzehrt werden können (vgl. DGE, 2018). Daher wurde in der vorliegenden Arbeit in der Berechnung des Indexwertes für Obst das „Glas Saft“ durch eine Portion Nüsse bzw. Ölsaaten ersetzt. Für **Getreide und Kartoffeln, Milch und Fisch** werden Spannen für die Zufuhr angegeben. Daher gelten die Empfehlungen als erreicht, wenn die verzehrte Menge innerhalb dieser Spanne liegt. Für Verzehrmengen unter- oder oberhalb der Orientierungswerte werden, entsprechend der Gleichungen, Punkte abgezogen. WITTING (2015; WITTING und HOFFMANN, 2010) unterscheidet zwischen Milch und Milcherzeugnissen (wie z. B. Joghurt und Schmand) sowie Käse und Quark. In Anlehnung an die Empfehlungen der optimierten Mischkost wurden für die vorliegende Arbeit die empfohlenen Zufuhrmengen für Milch und Milchprodukte als Milchäquivalent (100 ml Milch entsprechen 30 g Käse) angegeben (vgl. KERSTING et al., 2017).

<sup>2</sup> Für den Vergleich des Medians der Nährstoffzufuhr mit den D-A-CH-Referenzwerten wurde analog zu den Auswertungen der Diet-History-Daten (vgl. MRI, 2008c) für die Altersgruppe 14 bis 18 Jahre einheitlich der Referenzwert für die 15 bis 18-Jährigen herangezogen.

Für die Lebensmittelgruppen **Fleisch, Eier, Alkohol** sowie für **Fette und Öle** wird ein maßvoller Konsum empfohlen. Liegen die Verzehrmengen unterhalb des oberen Wertes der Empfehlungen werden 10 Punkte vergeben. Bei einem höheren Konsum werden, entsprechend der Gleichung, Punkte abgezogen. Für die vorliegende Arbeit wurden die Empfehlung hinsichtlich des Verzehrs von Streichfetten um weitere pflanzliche Öle ergänzt und dadurch auf 25 bis 45 g/Tag hochgesetzt.

Neben der Analyse der Ernährungsqualität erfolgte weiterhin eine Analyse hinsichtlich des Konsums verarbeiteter Lebensmittel auf Grundlage der von NIGGEMEIER (2017; NIGGEMEIER und SCHMID, 2016) identifizierten Ernährungsmuster (vgl. Tabelle 14). Für diese Einteilung wurde zunächst ein Kategoriensystem entwickelt, mithilfe dessen die protokollierten Lebensmittel nach ihrem Verarbeitungsgrad eingeteilt werden können. Je nach Anteil der frischen, verarbeiteten und hoch verarbeiteten Lebensmittel an der Gesamtenergiezufuhr wurden von NIGGEMEIER die dargestellten fünf Ernährungsmustern definiert und jeder Person ein entsprechendes Ernährungsmuster zugewiesen. Die Daten wurden für die vorliegende Arbeit zur Verfügung gestellt.

**Tabelle 14:** Ernährungsmuster nach Verarbeitungsgrad der verzehrten Lebensmittel (NIGGEMEIER, 2017; NIGGEMEIER und SCHMID, 2016)

Ernährungs- muster	Bezeichnung	<i>frische Lebens- mittel pro Tag [EN%]</i>	<i>verarbeitete Le- bensmittel pro Tag [EN%]</i>	<i>hoch verarbeitete Lebensmittel pro Tag [EN%]</i>
		MW ± SD	MW ± SD	MW ± SD
EM1	höchster Anteil frischer Lebensmittel	64,9 ± 0,5	20,2 ± 0,6	14,6 ± 0,5
EM2	überwiegend frische Lebensmittel	53,3 ± 0,2	24,4 ± 0,6	21,6 ± 0,5
EM3	teils-teils	45,7 ± 0,2	26,2 ± 0,7	27,5 ± 0,7
EM4	überwiegend (hoch) verarbeitete Lebensmittel	38,7 ± 0,2	28,5 ± 0,7	31,9 ± 0,8
EM5	höchster Anteil (hoch) verarbeiteter Lebensmittel	28,3 ± 0,4	28,2 ± 0,9	42,4 ± 1,1

EN%: Energieprozent

**Tabelle 15:** Modifizierter HEI-NVS zur Bestimmung der Ernährungsmuster (modifiziert nach WITTING, 2015; WITTING und HOFFMANN, 2010)

Lebensmittel- gruppe	Lebensmittel		Zufuhrempfehlung / Richtwert		Berechnung des Indexwertes	
	14 Jährige <sup>1</sup>	15 bis 18 Jährige <sup>1</sup>	über 18 Jährige <sup>2</sup>			
	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen		
Obst <sup>3</sup>	rohes und gegartes Obst, Obsterzeugnisse wie Kompost	300 g/Tag	360 g/Tag	310 g/Tag	410 g/Tag	250 g/Tag
Gemüse	rohes und gegartes Gemüse, Salat, Hülsenfrüchte	320 g/Tag	390 g/Tag	340 g/Tag	440 g/Tag	400 g/Tag
Getreide und Kartoffeln	Getreide-/erzeugnisse wie Brot, Backwaren, Kekse, Cerealien, Teigwaren, Kartoffeln u. a.	340 - 380 g/Tag	400 - 460 g/Tag	360 - 400 g/Tag	460 - 520 g/Tag	350 - 560 g/Tag
Milch <sup>4</sup>	Trinkmilch und Milcherzeugnisse wie Käse, Joghurt, Quark	490 g/Tag	600 g/Tag	520 g/Tag	680 g/Tag	400 - 500 g/Tag
Fisch <sup>5</sup>	Fisch-/erzeugnisse	14 g/Tag	16 g/Tag	14 g/Tag	19 g/Tag	21 - 31 g/Tag
Fleisch <sup>6</sup>	Fleisch-/erzeugnisse und Wurstwaren	< 50 g/Tag	< 60 g/Tag	< 50 g/Tag	< 70 g/Tag	< 43 - 86 g/Tag
Eier <sup>5</sup>	Eier	≤ 26 g/Tag	≤ 26 g/Tag	≤ 26 g/Tag	≤ 26 g/Tag	≤ 26 g/Tag
Alkohol <sup>6</sup>	reiner Alkohol (Ethanol)	≤ 10 g/Tag	≤ 20 g/Tag	≤ 10 g/Tag	≤ 20 g/Tag	Frauen: ≤ 10 g/Tag Männer: ≤ 20 g/Tag
Fette und Öle	Butter, Margarine, Pflanzenöle	≤ 30 g/Tag	≤ 35 g/Tag	≤ 30 g/Tag	≤ 40 g/Tag	≤ 25 - 45 g/Tag
Getränke	alkoholfreie Getränke wie Wasser, Kaffee, Tee, Fruchtsäfte und -nekare, Limonaden, Fruchtsaftgetränke	≥ 1000 ml/Tag	≥ 1200 ml/Tag	≥ 1100 ml/Tag	≥ 1400 ml/Tag	Wenn Ist ≥ Soll, (maximal 10 Punkte) Wenn Ist < Soll, dann Ist * 10 / Soll (< 10 Punkte)

Die Farben in der Tabelle spiegeln unterschiedliche Vorgehensweisen für die Berechnung wider.

<sup>1</sup>Konzept der Optimierte Mischkost (vgl. KERSTING et al., 2017)

<sup>2</sup>Orientierungswerte (DGE, 2016)

<sup>3</sup>Bei der Lebensmittelgruppe Obst wurde ein Portion Nüsse und Ölsaaten (max. 25 g) berücksichtigt.

<sup>4</sup>Milchäquivalent: 100 g Milch entsprechen 100 g Joghurt und 30 g Käse (vgl. KERSTING et al., 2017)

<sup>5</sup>Empfehlungen in g/Woche, hier als Tagesdurchschnitt angegeben

<sup>6</sup>D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr (DGE et al., 2018)

### 3.5 Statistische Auswertung

Die Datenauswertung wurde mithilfe der Programme SPSS Version 25 sowie „R“ (R CORE TEAM, 2018) durchgeführt. Die Beschreibung der Studienpopulation erfolgte über absolute bzw. relative Häufigkeiten sowie über das arithmetische Mittel (MW) mit SD bzw. über den Median und den Interquartilsabstand (IQR), welcher durch die 25. und 75. Perzentile gebildet wird. Der Median ist ein geeignetes Lagemaß, um schiefe Verteilungen zu beschreiben, und ist definiert als mittlerer Wert einer geordneten Stichprobe. Damit liegen genau 50 % der Messwerte unterhalb und oberhalb der Daten (vgl. KÖHLER et al., 2007). Durch die Ordnung der Daten ist der Median im Vergleich zum arithmetischen Mittel robust gegenüber Extremwerten (vgl. KREINBROCK et al., 2012). Im Falle einer exakten Normalverteilung entspricht der Median dem arithmetischen Mittel. Obwohl der Lebensmittelverzehr nicht normalverteilt ist und es sich um schiefe Verteilungen handelt, wurde der Verzehr als arithmetisches Mittel mit zugehörigem KI dargestellt, da einige Lebensmittel, die von weniger als 50 % der Teilnehmenden verzehrt werden, im Median einen Wert von 0 aufweisen würden. Das zugehörige KI wurde über die Bootstrapping-Methode berechnet. Bootstrapping ist ein Resampling-Verfahren zur Berechnung verschiedener statistischer Kennzahlen, wenn die Verteilung der Grundgesamtheit unbekannt ist. Dabei werden aus der vorliegenden Stichprobe neue Stichproben durch Ziehen mit Zurücklegen gezogen (vgl. HEDDERICH UND SACHS, 2016) und, in diesem Fall, die MW berechnet. Aus der Verteilung bzw. den Perzentilen der so gewonnenen MW wird das KI bestimmt und entspricht damit der 2,5 und 97,5 Perzentile der Bootstrap-MW (vgl. HEDDERICH und SACHS, 2016; IBM, 2017). Verwendet wurden die BCa- Intervalle (bias corrected and accelerated), welche eine höhere Genauigkeit aufweisen (vgl. IBM, 2017).

Alle nachfolgenden statistischen Auswertungen wurden zu einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  durchgeführt. Aufgrund der Tatsache, dass sich das Essverhalten zwischen Männern und Frauen unterscheidet (vgl. MRI, 2008c), erfolgt die Ergebnisdarstellung nach Geschlecht getrennt.

#### Kategoriale Variablen

Unterschiede kategorischer Variablen zwischen Gruppen (z. B. LER und AER oder Männer und Frauen) wurden mithilfe des Chi-Quadrat-Tests analysiert. Bei diesem Verfahren wird eine empirische, beobachtete Häufigkeitsverteilung mit einer theoretischen, erwarteten Verteilung verglichen. Für die Teststatistik  $\chi^2$  wird die quadrierte Abweichung zwischen den beobachteten und erwarteten Häufigkeiten jeder Zelle gebildet, durch die erwartete Häufigkeit relativiert und aufsummiert (vgl. EID et al., 2011):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(obs_{ij} - exp_{ij})^2}{exp_{ij}} \quad (3.6)$$

obs = beobachtete Häufigkeiten; exp = erwartete Häufigkeiten

Aus Gleichung 3.6 wird deutlich, dass je größer  $\chi^2$  ist, desto ungleicher sind die Häufigkeitsverteilungen in den untersuchten Gruppen (vgl. EID et al., 2011). Voraussetzung für die Anwendung dieses Verfahrens ist, dass keine Zelle eine erwartete Häufigkeit von unter fünf aufweist (vgl. BÜHL, 2019).

### Metrische Variablen

Bei der Analyse von Gruppenunterschieden metrischer Variablen (z. B. Nährstoffzufuhr, Lebensmittelverzehr) stellt sich die Frage, ob ein parametrisches Verfahren oder ein nicht-parametrisches Verfahren zur Anwendung kommt. Die Entscheidung für das eine oder andere Testverfahren beruht auf den jeweiligen Voraussetzungen bzw. Annahmen. So wird bei dem klassischen Zweistichproben-t-Test oder der Varianzanalyse eine Normalverteilung der Daten sowie homogene Varianzen in den zu untersuchenden Gruppen vorausgesetzt. Um die gemachten Annahmen zu überprüfen, werden in der Literatur häufig entsprechende Vortests, wie z. B. der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung oder der Levene-Test zur Analyse der Varianzen, empfohlen. Allerdings stehen diese Tests seit einiger Zeit auch in der Kritik, da Simulationsstudien gezeigt haben, dass es durch die Anwendung eines Vortests zur Überschreitung des Fehlers 1. Art ( $\alpha$ -Fehler)<sup>3</sup> kommt (vgl. DELACRE et al., 2017; RASCH et al., 2011; RUXTON et al., 2006). Weiterführend kann der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ohnehin nur zeigen, dass die Daten nicht-normalverteilt sind, aber nicht, dass sie einer Normalverteilung folgen. Grund hierfür ist die Testrichtung: In der Nullhypothese steht, dass die Daten normalverteilt sind. Ein signifikantes Testergebnis kann lediglich die Nullhypothese (die Daten sind normalverteilt) ablehnen. Die Normalverteilung der Daten kann damit aber nicht gezeigt werden. Aufgrund der dargestellten Schwierigkeiten durch die Anwendung von Vortests und basierend auf der Tatsache, dass parametrische Verfahren stets eine höhere Power aufweisen als nicht-parametrische Verfahren (vgl. DELACRE et al., 2017), wird von einigen Statistikern empfohlen, bei großen Stichproben ( $n > 30$ ) für den Zweistichprobenfall den Welch-t-Test anzuwenden und zwar ohne die Durchführung von Vortests (vgl. DELACRE et al., 2017; KUBINGER et al., 2009; RASCH et al., 2011). Der Welch-t-Test wurde entwickelt, um varianzheterogene Daten zu analysieren und ist darüber hinaus robust gegenüber nicht-normalverteilten Daten (vgl. DELACRE et al., 2017). Solange die Fallzahlen der beiden Gruppen gleich sind und es sich um varianzhomogene Daten handelt, ist der klassische t-Test dem Welch-t-Test leicht überlegen. Wenn aber die Fallzahlen unterschiedlich sind und/oder sich die Varianzen unterscheiden, ist die Power des Welch-t-Tests deutlich größer. Daher wird die Anwendung des Welch-t-Tests durch die genannten Autoren als Standard-Test empfohlen und gefordert (vgl. DELACRE et al., 2017; RASCH et al., 2011; RUXTON et al., 2006).

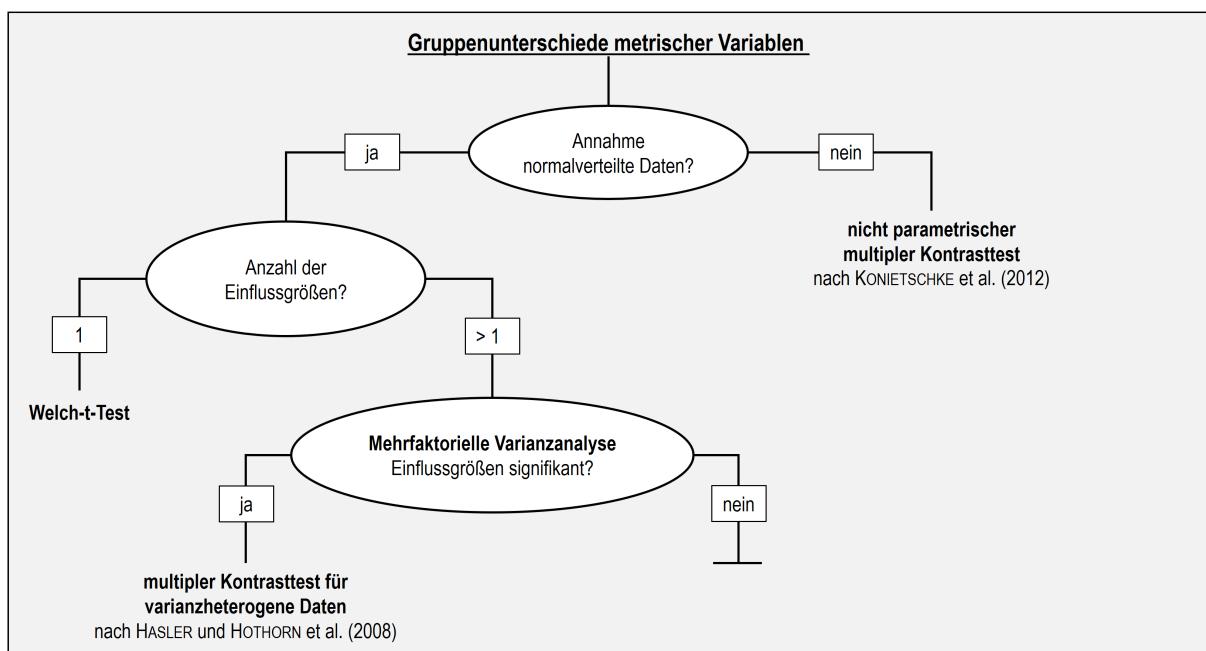
Die in der vorliegenden Arbeit angewandten statistischen Testverfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden metrischer Variablen sind in Abbildung 3 dargestellt. Um die Daten hinsichtlich ihrer Annahmen zu überprüfen, wurde auf entsprechende Vortests verzichtet und an ihrer Stelle eine Residuenanalyse durchgeführt. Bei Annahme einer approximativen Normalverteilung kam anschließend der Welch-t-Test im Zweistichprobenfall zum Einsatz, welcher als Standardeinstellung bei SPSS zusammen mit dem klassischen t-Test ausgegeben wird. Für die Ana-

---

<sup>3</sup> Der Fehler 1. Art bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass die Nullhypothese abgelehnt wird, obwohl sie wahr ist (vgl. BACKHAUS et al., 2011).

lyse von zwei oder mehr Einflussgrößen (qualitativ) auf eine Zielvariable (quantitativ) wurde zunächst eine Mehrfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Hierzu wurde ein passendes Modell basierend auf der verallgemeinerten Methode der kleinsten Quadrate (generalized least squares) (vgl. CARROLL und RUPPERT, 1988) mit den Einflussfaktoren (z. B. LER und AER sowie Männer und Frauen) und deren Wechselwirkung aufgestellt und anschließend die Varianzanalyse berechnet. In diesem Fall werden keine Annahmen über die zugrundeliegende Verteilung des Modells gemacht (vgl. CARROLL und RUPPERT, 1988). Als Globaltest gibt die Varianzanalyse Auskunft darüber, ob Gruppenunterschiede bestehen. Im Falle signifikanter Einflussfaktoren oder Wechselwirkungen der Zweiweg-Varianzanalyse wurden im Anschluss multiple Kontrasttests als Altpaar-Vergleich nach HASLER und HOTHORN (2008) für varianzheterogene Daten durchgeführt. Diese geben Auskunft darüber, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden. Zu beachten ist, dass im Falle signifikanter Wechselwirkungen die Haupteffekte nicht eindeutig interpretiert werden können, da ihre Wirkungen voneinander abhängen.

Für den Fall, dass die Residuenanalyse die Annahme der Normalverteilung nicht rechtfertigt, wurden nichtparametrische multiple Kontrasttests nach KONIETSCHKE et al. (2012) getrennt, aber simultan für das Geschlecht durchgeführt. Als Globaltest für nicht normalverteilte Daten kann der Kruskal-Wallis-Test angewandt werden. Da dieser aber lediglich eine Einflussgröße berücksichtigt und damit ein Pendant zur Einweg-Varianzanalyse darstellt, wurde auf die Durchführung eines entsprechenden Tests für die nicht normalverteilten Daten verzichtet.



**Abbildung 3:** Übersicht über angewandte statistische Testverfahren zur Analyse von Gruppenunterschieden metrischer Variablen (eigene Darstellung)

## Logistische Regressionsanalyse

Um den Einfluss verschiedener soziodemografischer Faktoren sowie des BMI auf LER zu analysieren, wurde eine binäre logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Mit Hilfe dieser lässt sich die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Ereignisses (vgl. BACKHAUS et al., 2011) und der Einfluss mehrerer unabhängiger Variablen schätzen (vgl. BÜHL, 2019). Die dichotome abhängige Variable bildet die Klassifizierung der Studienteilnehmenden in LER und AER. Die unabhängigen Variablen sind nicht an ein Skalenniveau gebunden (vgl. BÜHL, 2019) und fließen als ordinale bzw. als Dummy-Variablen ein. Für die Formulierung der logistischen Modellgleichung wird angenommen, dass es eine latente und nicht beobachtbare Variable  $z$  gibt, welche in Abhängigkeit der Variablen  $x_j$  auf die binäre Ausprägung der Variablen  $y_k$  wirkt (vgl. BACKHAUS et al., 2011). Der Zusammenhang zwischen der latenten Variablen  $z$  und den unabhängigen Variablen  $x_j$  ist linear (vgl. BACKHAUS et al., 2011):

$$z_k = \beta_0 + \sum_{j=1}^J \beta_j * x_{jk} + u_k \quad (3.7)$$

$z$  = latente, nicht beobachtbare Variable,  $x$  = Ausprägung der unabhängigen Variablen,  $j$  = Index der unabhängigen Variablen von 1 bis  $J$ ,  $k$  = Index des Beobachtungsfalls von 1 bis  $K$ ,  $u$  = Störgröße

Dabei führen Werte von  $z_k > 0$  zu dem Ereignis  $y_k = 1$  und Werte von  $z_k \leq 0$ , zum Ereignis  $y_k = 0$  (vgl. BACKHAUS et al., 2011). Unter Verwendung der logistischen Funktion:

$$p = \frac{e^z}{1+e^z} = \frac{1}{1+e^{-z}} \text{ mit } e \triangleq \text{Eulersche Zahl} \quad (3.8)$$

kann nun die Wahrscheinlichkeit  $p$  für den Eintritt des Ereignisses  $y_k = 1$  berechnet werden. Damit unterstellt die logistische Regressionsfunktion einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen. Es ergibt sich folgender logistische Regressionsansatz (vgl. BACKHAUS et al., 2011):

$$p_k = \frac{1}{1+e^{-z_k}} \text{ mit } z_k = \beta_0 + \sum_{j=1}^J \beta_j * x_{jk} + u_k \quad (3.9)$$

Da die Interpretation von  $\beta_0$  und  $\beta_j$  als Stärke des Einflusses von  $x_j$  auf die Eintrittswahrscheinlichkeit sehr komplex ist (Zwischenschaltung der latenten Variablen  $z_k$ ), wird häufig das Odd, also das Verhältnis von der Eintrittswahrscheinlichkeit  $p$  zur Gegenwahrscheinlichkeit  $1 - p$  betrachtet (vgl. BACKHAUS et al., 2011):

$$\text{Odd } (y = 1) = \frac{p(y = 1)}{1 - p(y = 1)} = e^z \quad (3.10)$$

Um das Risiko verschiedener Expositionsfaktoren abzuschätzen, werden oft die Odds zweier Situationen im Verhältnis betrachtet. Dies wird als Odds-Ratio (OR) bezeichnet (vgl. KREIENBROCK et al., 2012).

Die Regressionskoeffizienten  $\beta_0$  und  $\beta_j$  werden über die Chi-Quadrat-verteilte Wald-Statistik unter  $H_0: \beta = 0$  auf ihre Signifikanz getestet (vgl. BÜHL, 2019). Außerdem wird das 95 % KI berechnet. Innerhalb dieser Grenzen liegt

mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % das wahre OR der Grundgesamtheit. Liegen beide Grenzen unterhalb von 1 oder über 1, dann wird die Richtung des Einflusses als signifikant angenommen (vgl. ROHRLACK, 2009).

Für die Modellbildung wurden die, auf Grundlage von sachlogischen Überlegungen, ausgewählten unabhängigen Variablen zunächst auf Multikollinearität überprüft. Tabelle A-6 im Anhang stellt die zugehörige Korrelationsmatrix dar. Anschließend wurden relevante Einflussfaktoren schrittweise Rückwärts identifiziert. Bei dieser Methode werden alle ausgewählten unabhängigen Variablen auf einmal in das Modell aufgenommen und im Anschluss nacheinander getestet und ggf. ausgeschlossen (vgl. SCHENDRA, 2014). Dabei wurden alle Einflussfaktoren mit  $p < 0,2$  im Modell behalten.

### 3.6 Datengrundlage und Studienpopulation

Eine nach Gemeinde, Alter und Geschlecht geschichtete Zufallsstichprobe aller deutschsprachigen in Privathaus-halten lebenden Personen zwischen 14 und 80 Jahren, bilden die Studienpopulation der NVS II (vgl. MRI, 2008a). Auf Basis dieser Studienpopulation wurde eine repräsentative Unterstichprobe gebeten, innerhalb der Erhebungsphase zeitlich versetzt zwei Mal viertägige Wiegeprotokolle zu führen, bei denen sowohl Wochen- als auch Wochenendtage berücksichtigt wurden (vgl. KREMS et al., 2006). Die anthropometrischen Körpermaße wurden auf die erste Nachkommastelle genau, nach standardisierten Vorgaben gemessen. Eine ausführliche Erläuterung des Prozesses ist dem Ergebnisbericht Teil 1 zur NVS zu entnehmen (vgl. MRI, 2008a). Anhand eines Schichtindexes aus Fragen zum Bildungsabschluss, zum Einkommen sowie zum Beruf wurden die Teilnehmenden in fünf Gruppen eingeteilt: „Oberschicht“, „obere Mittelschicht“, „Mittelschicht“, „untere Mittelschicht“ und „untere Schicht“ (vgl. MRI, 2008b). Für die Erfassung der körperlichen Aktivität wurden die Teilnehmenden gefragt, ob sie sportlich aktiv sind.

Grundlage der Studienpopulation für die vorliegende Arbeit bilden die Daten von 975 NVS II-Teilnehmenden mit Wiegeprotokollen in entsprechender Qualität (vgl. MRI, 2014a). Von 26 dieser Personen liegen keine anthropometrischen Daten vor, sodass die Berechnung des REE nicht erfolgen konnte und diese Personen aus weiteren Analysen ausgeschlossen wurden. Darüber hinaus gaben insgesamt sechs Frauen an, zum Zeitpunkt der Erhebung schwanger zu sein oder zu stillen. Aufgrund des in diesen Lebensphasen erhöhten REE, wurden diese Frauen ebenfalls von der Auswertung ausgeschlossen. Insgesamt umfasst das Studienkollektiv damit 943 Jugendliche und Erwachsene im Alter von 14 bis 80 Jahren. Eine Charakterisierung des Kollektivs ist der Tabelle 16 zu entnehmen. Entsprechend den Empfehlungen der WHO (2000) erfolgte bei Erwachsenen die Klassifikation des BMI anhand festgelegter Grenzwerte (vgl. Tabelle 17). Bei Kindern und Jugendlichen müssen geschlechts- und altersspezifische Veränderungen berücksichtigt werden, daher werden zur Bestimmung des Gewichtsstatus entsprechende Perzentilen zugrunde gelegt. Diese können anhand alters- und geschlechtsspezifischer L-, M-, und S-Werte nach KROMEYER-HAUSCHILD et al. (2001) über folgende Gleichung bestimmt werden:

$$C_{\infty}(t) = M(t) * [1 + L(t) * S(t) * z_{\alpha}]^{1/L(t)} \quad (3.11)$$

Die Parameter  $M(t)$ ,  $L(t)$ , und  $S(t)$  sind jeweils auf das Geschlecht und das Alter ( $t$ ) bezogen. Anhand dieser berechneten Perzentilen für den BMI, wurde der Gewichtsstatus der Jugendlichen nach der Konsensbasierten (S2) Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Prävention von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter (vgl. WABITSCH und KUNZE, 2015) festgelegt (vgl. Tabelle 17).

**Tabelle 16:** Charakterisierung der Studienpopulation (Prozent)

	<b>Männer (n = 399)</b>	<b>Frauen (n = 544)</b>	<b>Gesamt (n = 943)</b>
<b>Altersgruppe [%]</b>			
14 bis 18 Jahre	7,0	8,6	8,0
19 bis 24 Jahre	4,0	7,2	5,8
25 bis 34 Jahre	7,5	10,7	9,3
35 bis 50 Jahre	31,1	32,9	32,1
51 bis 64 Jahre	28,6	24,6	26,3
65 bis 80 Jahre	21,8	16,0	18,5
<b>Gewichtsstatus [%]</b>			
Untergewicht	0,3	2,0	1,3
Normalgewicht	33,6	48,9	42,4
Präadipositas	46,6	30,9	37,5
Adipositas	19,5	18,2	18,8
<b>Schichtindex [%]</b>			
Oberschicht	24,1	18,8	21,0
obere Mittelschicht	28,6	34,6	32,0
Mittelschicht	29,6	30,5	30,1
untere Mittelschicht	14,5	12,3	13,3
untere Schicht	3,3	3,9	3,6
<b>Sportlich aktiv [%]<sup>1</sup></b>			
nein	38,2	33,7	35,6
ja	61,8	66,3	64,4

<sup>1</sup> fehlende Angaben bei 8 Personen (n = 935)

**Tabelle 17:** Klassifizierung des Gewichtsstatus für Erwachsene und Jugendliche

<b>Gewichtsstatus</b>	<b>Erwachsene (&gt; 18 Jahre)<sup>1</sup></b>	<b>Jugendliche (≤ 18 Jahre)<sup>2</sup></b>
Untergewicht	BMI < 18,5	BMI < 10. BMI-Perzentile
Normalgewicht	18,5 ≤ BMI < 25	10. BMI-Perzentile ≤ BMI ≤ 90. BMI- Perzentile
Präadipositas	25 ≤ BMI < 30	90. BMI-Perzentile < BMI ≤ 97. BMI- Perzentile
Adipositas	BMI ≥ 30	> 97. BMI-Perzentile

<sup>1</sup> nach WHO, 2000; <sup>2</sup> nach WABITSCH und KUNZE, 2015

## 4 ERGEBNISSE

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der durchgeführten und in Kapitel 3 beschriebenen Analysen dar. Zunächst werden die Prävalenzen, welche durch unterschiedliche Ansätze ermittelt wurden, gegenübergestellt. Es folgt eine Darstellung der Einflussfaktoren auf Misreporting. Anschließend wird der Lebensmittelverzehr zwischen LER und AER verglichen und Low-energy-reporting unter definierten Ernährungsmustern betrachtet. Das Kapitel schließt mit den Ergebnissen zum Einfluss von Low-energy-reporting auf die Nährstoffzufuhr sowie mit einem Vergleich mit den D-A-CH-Referenzwerten.

### 4.1 Prävalenz von Misreporting

Tabelle 18 stellt die Prävalenzen für LER, AER und HER, welche durch vier verschiedene Ansätze (vgl. Kapitel 2.2 und Kapitel 3.1) ermittelt wurden, gegenüber. Die geringsten Prävalenzen für Low-energy-reporting zeigen sich durch den Goldberg-Cut-off mit der Oxford-Gleichung zur Berechnung des BMR, die höchsten Prävalenzen werden durch den Huang-Ansatz mit der Müller-Gleichung ermittelt. Generell steigt der Anteil der LER mit abnehmender SD, da die Cut-offs konservativer, also strenger werden.

Für die Modellauswahl nachfolgender Auswertungen wurden Regressionsanalysen mit der protokollierten Energiezufuhr als abhängige und dem Körpergewicht als unabhängige Variable durchgeführt. Zum einen wurde die gesamte Studienpopulation in die Analysen eingeschlossen und zum anderen wurden ausschließlich AER (identifiziert über die dargestellten Ansätze) betrachtet. Unter der Annahme, dass bei Gewichtsstabilität die rEI dem EE entspricht (vgl. Kapitel 2.2.1), gilt: je höher das Körpergewicht, desto höher der EE und desto höher die rEI (vgl. GARRIGUET, 2008a). Ein höheres  $R^2$  als Gütemaß des Modells kann somit auf eine bessere Identifikation von Misreporting durch den entsprechenden Ansatz hinweisen. Die Regressionsanalysen haben ergeben, dass das  $R^2$  unter Verwendung der Müller-Gleichung steigt (vgl. Tabelle A-4 im Anhang). Aus diesem Grund erfolgt die Berechnung des REE für die weiteren Analysen über die Müller-Gleichung. Weiterhin wird, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Studienergebnissen zu ermöglichen und den Anteil an LER nicht zu überschätzen, das 2 SD-KI zur Identifikation von Misreporting verwendet.

**Tabelle 18:** Gegenüberstellung der Prävalenz von Misreporting unterschiedlicher Vorgehensweisen

Ansatz nach	REE/TEE-Berechnung	LER		HER		AER	
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
<b>2 Standardabweichungen</b>							
Goldberg	Oxford	190	20,1 %	8	0,8 %	745	79,0 %
Goldberg	Müller-Gleichung	205	21,7 %	7	0,7 %	731	77,5 %
Huang	Müller-Gleichung	227	24,1 %	34	3,6 %	682	72,3 %
Huang	IOM	223	23,6 %	38	4,0 %	682	72,3 %
<b>1,5 Standardabweichungen</b>							
Goldberg	Oxford	275	29,2 %	30	3,2 %	638	67,7 %
Goldberg	Müller-Gleichung	295	31,3 %	23	2,4 %	625	66,3 %
Huang	Müller-Gleichung	341	36,2 %	56	5,9 %	546	57,9 %
Huang	IOM	335	35,5 %	65	6,9 %	543	57,6 %
<b>1 Standardabweichung</b>							
Goldberg	Oxford	407	43,2 %	72	7,6 %	464	49,2 %
Goldberg	Müller-Gleichung	444	47,1 %	57	6,0 %	442	46,9 %
Huang	Müller-Gleichung	478	50,7 %	93	9,9 %	372	39,4 %
Huang	IOM	463	49,1 %	108	11,5 %	372	39,4 %

Tabelle 19 stellt die Prävalenz von Misreporting nach den zwei gewählten Ansätzen zur Identifikation einer nicht plausiblen Energiezufuhr getrennt für Männer und Frauen dar. Um zu vermeiden, dass Zellen einen Erwartungswert von unter 5 aufweisen und damit die Voraussetzungen für den Chi-Quadrat-Test verletzt würden, wurden HER nach Goldberg aufgrund der geringen Fallzahl von den Analysen ausgeschlossen. Werden LER durch den Goldberg-Cut-off identifiziert, ist die Prävalenz von LER unter Frauen signifikant höher als unter Männern ( $\chi^2 = 4,01$  mit  $p = 0,045$ ). Wird der Huang-Ansatz herangezogen steigt der Anteil von HER und es können alle drei Gruppen betrachtet werden, ohne die Voraussetzungen zu verletzen. Auch hier zeigen sich Unterschiede zwischen den Geschlechtern: Während der Anteil an LER unter Frauen höher ist, werden mehr Männer als HER klassifiziert. Insgesamt sind die Unterschiede in der Prävalenz von LER zwischen Männern und Frauen aber geringer, im Vergleich zu dem Goldberg-Cut-off.

**Tabelle 19:** Prävalenz von Misreporting nach Geschlecht und Vorgehensweise zur Identifikation

Misreporting	Männer (n = 399)	Frauen (n = 544)	p	Gesamt (n = 943)
<b>Goldberg-Cut-off mit REE nach Müller et al. (%)</b>				
LER	18,5	24,1		21,7
AER	80,5	75,4	0,045 <sup>1</sup>	77,5
HER	1,0	0,6		0,7
<b>Huang-Ansatz mit REE nach Müller et al. (%)</b>				
LER	22,3	25,4		24,1
AER	72,2	72,4	0,018	72,3
HER	5,5	2,2		3,6

<sup>1</sup> Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests zwischen AER und LER.

## 4.2 Charakteristika von Misreportern

Die Charakteristika von LER, AER und HER sind in Tabelle 20 dargestellt. Hieraus wird ersichtlich, dass das Verhältnis von protokollierter Ernergiezufuhr (rEl) zum geschätzten Energiebedarf (pER) unter den AER im Vergleich zu den LER signifikant höher und damit näher an 1 liegt. Gleichzeitig ist die protokollierter Ernergiezufuhr höher und der geschätzte Energiebedarf niedriger. Das **Alter** scheint keinen Einfluss auf Misreporting zu haben ( $p = 0,306$ ). Sehr wohl zeigt sich aber ein Zusammenhang mit dem **Gewichtsstatus** ( $p < 0,001$ ): Während 35,1 % der LER adipös sind, sind es unter den AER nur 14,4 %. Darüber hinaus gehören weder Männer noch Frauen, die als untergewichtig klassifiziert werden, zu den LER. Des Weiteren hat die **Schichtzugehörigkeit** einen signifikanten Einfluss auf Misreporting ( $p < 0,001$ ): Unter den LER ist der Anteil der Personen, die der Mittelschicht oder unteren Mittelschicht zugeordnet werden mit insgesamt 56,1 % höher, als unter den AER mit 39,7 %. Unter den AER geben tendenziell ( $p = 0,054$ ) mehr Befragte an, **sportlich aktiv** zu sein, als unter den LER.

**Tabelle 20:** Charakteristika von HER, AER und LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) (MW, SD und Prozent)

	Gesamt (n = 943)		HER (n = 7)		AER (n = 731)		LER (n = 205)		p <sup>1</sup>
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
rEl:pER	0,85	0,23	1,73	0,32	0,93	0,17	0,56	0,10	< 0,001
rEl [kcal/d]	2055	604	3464	869	2227	515	1394	318	< 0,001
pER [kcal/d]	2425	368	2086	670	2405	356	2493	386	0,004
<b>Geschlecht [%]</b>									
männlich	42,3		57,1		43,9		36,1		0,045
weiblich	57,7		42,9		56,1		63,9		
<b>Altersgruppe [%]</b>									
14 bis 18 Jahre	8,0		14,3		7,0		11,2		0,306
19 bis 24 Jahre	5,8		0,0		5,5		7,3		
25 bis 34 Jahre	9,3		28,6		9,4		8,3		
35 bis 50 Jahre	32,1		0,0		32,7		31,2		
51 bis 64 Jahre	26,3		28,6		26,3		26,3		
65 bis 80 Jahre	18,5		28,6		19,2		15,6		
<b>Gewichtsstatus [%]</b>									
Untergewicht	1,3		28,6		1,4		0,0		< 0,001
Normalgewicht	42,4		71,4		45,7		29,8		
Präadipositas	37,5		0,0		38,6		35,1		
Adipositas	18,8		0,0		14,4		35,1		
<b>Schichtindex [%]</b>									
Oberschicht	21,0		14,3		23,1		13,7		< 0,001
obere Mittelschicht	32,0		28,6		33,9		25,4		
Mittelschicht	30,1		14,3		28,2		37,6		
unterer Mittelschicht	13,3		42,9		11,5		18,5		
untere Schicht	3,6		0,0		3,3		4,9		
<b>Sportlich aktiv [%]<sup>2</sup></b>									
ja	64,4		85,7		65,8		58,5		0,054
nein	35,6		14,3		34,2		41,5		

<sup>1</sup>p-Werte für Unterschiede zwischen LER und AER basierend auf dem Welch-t-Test für metrische Variablen und auf einem Chi-Quadrat-Test für kategoriale Variablen; <sup>2</sup> fehlende Angaben zur sportlichen Aktivität bei 8 Personen

Unter Verwendung des Huang-Ansatzes steigt der Anteil an HER in der Stichprobe auf 3,5 % an. Damit könnten die Analysen für die meisten Variablen für alle drei Klassifikationen (HER, AER und LER) durchgeführt werden, ohne die Voraussetzungen des Chi-Quadrat-Tests zu verletzen. Da eine Vergleichbarkeit mit dem Goldberg-Cut-off wünschenswert ist und in dieser Arbeit LER im Vordergrund stehen, wurde jedoch an einem Vergleich von LER mit AER festgehalten. Aus Tabelle A-5 im Anhang wird ersichtlich, dass der Huang-Ansatz zu nicht signifikanten Unterschieden bei der Geschlechterverteilung kommt, wenn ausschließlich AER gegen LER getestet werden. Hinsichtlich der weiteren Charakteristika sind die Ergebnisse mit denen aus dem Goldberg-Cut-off vergleichbar.

Der Einfluss soziodemografischer Faktoren und des BMI auf die Wahrscheinlichkeit eine nicht plausible, zu geringe EI zu protokollieren, wurde über eine logistische Regressionsanalyse (schrittweise rückwärts) untersucht. Hierzu wurden alle betrachteten Einflussgrößen hinsichtlich ihrer Multikollinearität überprüft. Die Ergebnisse sind als Korrelationsmatrix in Tabelle A-6 im Anhang dargestellt. Bei allen betrachteten Einflussgrößen handelt es sich um sehr geringe ( $r \leq 0,2$ ) bzw. geringe ( $0,2 < r \leq 0,5$ ) (vgl. BÜHL, 2019) Zusammenhänge, sodass die Variablen ohne Veränderungen in das Regressionsmodell aufgenommen werden können. Die körperliche Aktivität wurde nicht in das finale Modell eingeschlossen ( $p = 0,288$ ). Alle anderen Einflussfaktoren sind signifikant und Bestandteil des analysierten Modells. In Tabelle 21 sind die OR sowie das zugehörige 95 % KI für die Klassifikation eines Individuums als LER gegenüber AER dargestellt.

Die Wahrscheinlichkeit für eine nicht plausible Protokollführung ist bei **Frauen** im Vergleich zu Männern um das 1,5-fache höher. Weiterhin sinkt das Risiko für LER in den **Altersgruppen** ab 35 Jahren im Vergleich zur jüngsten Altersgruppe um 54,0 % (Altersgruppe 35 bis 50 Jahre), 63,0 % (Altersgruppe 51 bis 64 Jahre) und um 76,0 % (Altersgruppe 65 bis 80 Jahre). Generell zeigt sich ein inverser Zusammenhang zwischen dem **Schichtindex** und der Wahrscheinlichkeit für Low-energy-reporting: Je geringer der Schichtindex ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für Low-energy-reporting. Verglichen mit der Oberschicht steigt bei Personen aus der Mittelschicht und unteren Mittelschicht die Wahrscheinlichkeit als LER klassifiziert zu werden um das 1,8 bzw. 2,3-fache. Die OR für die obere Mittelschicht und untere Schicht sind nicht signifikant. Darüber hinaus ist der **Gewichtsstatus** mit der Wahrscheinlichkeit für LER assoziiert. Im Vergleich zur Referenzgruppe der Normalgewichtigen steigt das Risiko für LER für Präadipöse und Adipöse um das 2 bis 5-fache an. Da weder untergewichtige Männer noch untergewichtige Frauen eine nicht plausible EI aufweisen, stellt Tabelle 21 hierfür keine entsprechenden Werte dar.

Werden LER durch den Huang-Ansatz identifiziert, ist neben dem Einfluss der körperlichen Aktivität auch das Geschlecht nicht signifikant und damit nicht im Modell enthalten (vgl. Tabelle A-7 im Anhang). Für die übrigen Einflussgrößen werden unter Verwendung des Huang-Ansatzes vergleichbare Ergebnisse erzielt, woraus sich die gleichen Zusammenhänge wie durch den Goldberg-Cut-off ableiten lassen.

**Tabelle 21:** Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Wahrscheinlichkeit als LER klassifiziert zu werden im Vergleich zur Klassifikation als AER (identifiziert über Goldberg-Cut-off)

	% LER	OR	95 % KI (untere Grenze)	95 % KI (obere Grenze)
<b>Geschlecht</b>				
Männer	36,1	1,00		Referenz
Frauen	63,9	1,53	1,09	2,15
<b>Altersgruppe</b>				
14 bis 18 Jahre	11,2	1,00		Referenz
19 bis 24 Jahre	7,3	0,92	0,40	2,08
25 bis 34 Jahre	8,3	0,51	0,23	1,11
35 bis 50 Jahre	31,2	0,46	0,24	0,88
51 bis 64 Jahre	26,3	0,37	0,19	0,71
65 bis 80 Jahre	15,6	0,24	0,12	0,50
<b>Schichtindex</b>				
Oberschicht	13,7	1,00		Referenz
obere Mittelschicht	25,4	1,09	0,65	1,84
Mittelschicht	37,6	1,81	1,08	3,04
untere Mittelschicht	18,5	2,27	1,26	4,11
untere Schicht	4,9	2,05	0,84	4,99
<b>Gewichtsstatus</b>				
Untergewicht	0,0	-	-	-
Normalgewicht	29,8	1,00		Referenz
Präadipositas	35,1	1,97	1,29	3,02
Adipositas	35,1	5,13	3,21	8,20

## 4.3 Lebensmittelverzehr und Low-energy-reporting

Dieses Kapitel vergleicht zunächst den Lebensmittelverzehr von LER und AER. Anschließend wird das Auftreten von Low-energy-reporting unter zuvor definierten Ernährungsmustern untersucht. Hier werden die Teilnehmenden zum einen anhand des HEI-NVS nach ihrer Ernährungsqualität unterteilt und zum anderen finden die von NIGGEMEIER (2017) identifizierten Ernährungsmuster nach Verarbeitungsgrad der verzehrten Lebensmittel Anwendung.

### 4.3.1 Vergleich des Lebensmittelverzehrs zwischen LER und AER

Inwiefern sich die Verzehrmengen von Lebensmittelgruppen zwischen AER und LER unterscheiden, ist in Tabelle 22 (Identifikation durch den Goldberg-Cut-off) für die Geschlechter getrennt dargestellt. Eine Übersicht zur Zusammensetzung bzw. Charakterisierung der einzelnen Lebensmittelgruppen kann der

Tabelle A-1 im Anhang entnommen werden. Für die meisten der analysierten Lebensmittelgruppen gilt, dass der absolute Verzehr unter den AER höher ist, als unter den LER. Im Gegenteil hierzu konsumieren männliche LER mehr Spirituosen und sonstige alkoholischen Getränke als AER. Weibliche LER trinken im Vergleich zu AER mehr Mineralwasser. Weiterhin zeigen sich sowohl bei Männern als auch bei Frauen keine signifikanten Unterschiede im Verzehr von pflanzlichen Fetten, Eiern und Limonaden. Unter den Männern weichen darüber hinaus die verzehrten Mengen an Gemüse (roh und gegart), Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen, Obsterzeugnissen, Fleischerzeugnissen und Wurstwaren sowie an Getränken wie Mineralwasser, Kräuter- und Früchtetee und sonstigen alkoholfreien Getränken zwischen den AER und den LER nicht signifikant voneinander ab. Für Frauen gibt es keine signifikanten Unterschiede im Konsum von Fleisch sowie von Milchmischgetränken.

Für die Bewertung, welche Lebensmittelgruppen besonders von Underreporting betroffen sind, ist ein Blick auf die energieadjustierten Verzehrmengen hilfreich. Denn während signifikante Unterschiede in den absoluten Verzehrmengen durch ein generelles Underreporting zu erklären sind, decken signifikante Unterschiede in den energieadjustierten Verzehrmengen ein selektives Weglassen spezifischer Lebensmittelgruppen auf. Diese Lebensmittelgruppen werden im Verhältnis zur Energiezufuhr weniger protokolliert. Während sich beispielsweise der Konsum von Getreide und Getreideerzeugnissen zwischen LER und AER nach der Adjustierung für die protokolierte Energiezufuhr nicht mehr signifikant unterscheidet ( $p = 0,521$  bzw.  $p = 0,936$ ), zeigt sich, dass sowohl männliche als auch weibliche LER im Verhältnis zur Energiezufuhr weniger Backwaren verzehren ( $p = 0,018$  bzw.  $p = 0,008$ ). Diese Beobachtungen treffen ebenso für den Konsum von Nüssen und Samen, tierischen Fetten, Süßigkeiten sowie für Bier, Wein und Sekt zu. Darüber hinaus verzehren männliche LER sowohl absolut als auch energieadjustiert signifikant weniger Milch und Milchmischgetränke. Bei Frauen sind diese Ergebnisse außerdem auf den Verzehr von Obsterzeugnissen, Fruchtsäften und Nektaren sowie von sonstigen alkoholfreien Getränken zu übertragen.

Die Analysen zeigen allerdings auch gegenteilige Ergebnisse in Bezug auf einzelne Lebensmittelgruppen. Sowohl männliche als auch weibliche LER protokollieren eine geringere absolute Zufuhr von pflanzlichen Fetten. Wird diese

für die Energiezufuhr adjustiert, ist die Zufuhr bei LER im Vergleich zu AER signifikant höher ( $p = 0,013$  bzw.  $p = 0,024$ ). Auch der Fleischkonsum in Relation zur protokollierten Energiezufuhr ist bei weiblichen LER im Vergleich zu AER höher ( $p = 0,004$ ). Ein ähnlicher Trend zeigt sich ebenfalls bei Männern ( $p = 0,094$ ). Weiterhin protokollieren Frauen mit einer nicht plausiblen, zu geringen Energiezufuhr einen höheren Verzehr an Brot und Wurstwaren im Verhältnis zur Gesamtenergiezufuhr. Männer, die als LER klassifiziert werden, verzehren mehr gegartes Gemüse und Kartoffeln, wenn der Konsum für die Energiezufuhr adjustiert wird. Auffällig ist, dass männliche LER sowohl absolut als auch relativ gesehen mehr Spirituosen konsumieren als AER.

Wird Misreporting über den Huang-Ansatz bestimmt, sind die Erkenntnisse größtenteils mit den oben beschriebenen Beobachtungen vergleichbar. Dennoch gibt es vereinzelte Lebensmittelgruppen bei denen sich die Ergebnisse voneinander unterscheiden und auf die im Folgenden kurz eingegangen wird. Insbesondere unter den männlichen Studienteilnehmern kommt es vor, dass Unterschiede, die unter Verwendung des Goldberg-Cut-offs als signifikant identifiziert wurden, unter Anwendung des Huang-Ansatzes lediglich einen Trend aufweisen oder nicht mehr signifikant sind. Dies ist der Fall für Backwaren energieadjustiert, Fleisch absolut, Obst absolut, Nüsse und Samen absolut und energieadjustiert sowie für Milcherzeugnisse absolut (vgl. Tabelle A-8 im Anhang). Weiterhin konsumieren LER nach Goldberg tendenziell weniger Gemüse pro Tag ( $p = 0,053$ ) als AER, nach dem Huang-Ansatz ist dieser Unterschied nicht signifikant ( $p = 0,190$ ). Hinsichtlich des Konsums von gegartem Gemüse und Mineralwasser sind die Unterschiede nach dem Goldberg-Cut-off tendenziell vorhanden bzw. nicht signifikant ( $p = 0,062$  bzw.  $p = 0,112$ ). Durch den Huang-Ansatz zeigen sich wiederum signifikante Unterschiede ( $p = 0,045$  bzw.  $p = 0,020$ ). Werden die Ergebnisse zwischen Frauen verglichen, so ist festzustellen, dass sich der Konsum von Fleischerzeugnissen und Wurstwaren zwischen LER und AER unter Verwendung des Goldberg-Cut-offs signifikant voneinander unterscheiden ( $p = 0,003$ ). Nach dem Huang-Ansatz ist dieser Unterschied tendenziell auszumachen ( $p = 0,083$ ).

**Tabelle 22:** Mittlere tägliche Verzehrmengen von Lebensmittelgruppen absolut (g) und energieadjustiert (g/1000kcal) von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) nach Geschlecht

	Männer				Frauen			
	AER (n = 321)		LER (n = 74)		AER (n = 410)		LER (n = 131)	
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>Brot und Getreideerzeugnisse</b>								
Brot								
absolut [g]	167,8	160,6	175,1	115,5	104,6	127,3	< 0,001	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	66,0	63,4	68,7	73,8	66,3	81,6	0,257	< 0,001
Getreide- und Getreideerzeugnisse								
absolut [g]	83,0	75,9	91,0	49,1	39,2	59,9	< 0,001	47,5
energieadjustiert [g/1000 kcal]	32,8	30,2	35,7	30,8	24,6	37,5	0,521	64,2
Backwaren								0,001
absolut [g]	84,3	78,0	90,5	44,6	35,8	55,3	< 0,001	38,5
energieadjustiert [g/1000 kcal]	32,5	30,2	34,7	27,2	21,5	33,4	0,018	52,8
Gemüse, Pilze, Hülsenfrüchte								0,936
Gemüse, roh								
absolut [g]	72,8	66,1	79,5	58,5	45,8	73,8	0,053	23,9
energieadjustiert [g/1000 kcal]	29,1	26,4	31,9	37,4	29,1	47,3	0,549	33,6
Gemüse, erhitzt								0,008
absolut [g]	78,8	72,6	84,9	65,0	55,5	75,9	0,062	40,1
energieadjustiert [g/1000 kcal]	31,3	28,9	33,5	41,0	35,1	47,9	0,002	37,6
Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse								
absolut [g]	91,5	84,6	98,6	86,7	72,7	102,1	0,701	70,1
energieadjustiert [g/1000 kcal]	36,4	33,6	39,1	53,7	45,1	62,7	< 0,001	36,0
Obst und Obsterzeugnisse (o. Saft)								
Obst								
absolut [g]	141,6	129,3	155,4	107,5	85,5	133,6	0,014	165,3
energieadjustiert [g/1000 kcal]	56,2	51,4	61,5	69,7	54,3	86,8	0,611	85,7
Obsterzeugnisse								
absolut [g]	13,8	11,2	16,8	8,0	4,2	12,0	0,158	16,2
energieadjustiert [g/1000 kcal]	5,4	4,4	6,6	5,0	2,7	7,5	0,403	7,9
Nüsse und Samen								
absolut [g]	3,5	2,7	4,4	1,3	0,5	2,4	0,003	4,3
energieadjustiert [g/1000 kcal]	1,4	1,0	1,7	0,8	0,3	1,3	0,009	2,1

Fortsetzung Tabelle 22

	Männer				Frauen			
	AER (n = 321)		LER (n = 74)		AER (n = 410)		LER (n = 131)	
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>Fette und Öle</b>								
tierische Fette								
absolut [g]	13,5	11,9	14,9	5,8	4,4	7,3	< 0,001	10,2
energieadjustiert [g/1000 kcal]	5,3	4,7	5,8	3,5	2,7	4,4	0,037	5,2
pflanzliche Fette und Öle								
absolut [g]	14,7	12,9	16,7	12,5	10,1	14,9	0,977	10,4
energieadjustiert [g/1000 kcal]	5,8	5,1	6,7	7,8	6,2	9,4	0,013	5,4
<b>Milch, Milcherzeugnisse und Käse</b>								
Milch								
absolut [g]	105,5	89,2	122,2	30,7	21,6	40,6	< 0,001	100,7
energieadjustiert [g/1000 kcal]	40,4	34,4	46,9	19,1	13,2	25,7	0,003	51,0
Milchmischgetränke								
absolut [g]	8,7	4,8	13,2	1,4	0,0	3,0	0,005	6,1
energieadjustiert [g/1000 kcal]	3,3	1,9	5,0	0,8	0,0	1,8	0,006	3,1
Milcherzeugnisse								
absolut [g]	65,6	58,1	73,2	41,6	28,5	57,3	0,008	64,5
energieadjustiert [g/1000 kcal]	25,6	22,6	28,7	26,3	18,2	36,7	0,551	32,8
Käse und Quark								
absolut [g]	52,0	46,9	57,3	32,5	27,2	38,1	< 0,001	49,2
energieadjustiert [g/1000 kcal]	20,6	18,6	22,7	20,0	16,6	23,5	0,987	25,2
<b>Eier</b>								
absolut [g]	16,6	14,7	18,6	13,4	10,5	16,3	0,189	12,9
energieadjustiert [g/1000 kcal]	6,5	5,8	7,3	8,6	6,4	10,7	0,871	6,7
<b>Fleisch-/erzeugnisse und Wurstwaren</b>								
Fleisch								
absolut [g]	55,5	51,0	60,3	42,1	35,7	48,6	0,029	36,8
energieadjustiert [g/1000 kcal]	21,7	19,9	23,4	25,7	22,0	29,5	0,094	18,9
Fleischerzeugnisse und Wurstwaren								
absolut [g]	91,9	85,8	98,2	66,5	57,1	77,5	0,003	50,1
energieadjustiert [g/1000 kcal]	36,1	33,6	38,4	41,3	35,6	48,0	0,412	25,6

## Fortsetzung Tabelle 22

	Männer				Frauen			
	AER (n = 321)		LER (n = 74)		AER (n = 410)		LER (n = 131)	
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>Fisch/-erzeugnisse und Krustentiere</b>								
absolut [g]	22,9	19,6	26,7	20,4	15,9	25,0	1,000	17,0
energieadjustiert [g/1000 kcal]	9,0	7,7	10,4	13,1	10,2	16,0	0,173	8,9
<b>Soßen und würzende Zutaten</b>								
absolut [g]	39,5	36,2	42,6	29,7	24,3	35,6	0,003	36,0
energieadjustiert [g/1000 kcal]	15,3	14,2	16,5	18,4	15,1	21,8	0,592	18,5
<b>Süßwaren</b>								
Süßigkeiten								
absolut [g]	38,6	34,0	43,3	23,5	13,1	37,7	<0,001	35,9
energieadjustiert [g/1000 kcal]	14,8	13,1	16,4	14,7	8,2	23,7	0,007	18,0
süße Aufstriche								
absolut [g]	18,4	16,5	20,4	9,3	7,1	11,8	<0,001	15,4
energieadjustiert [g/1000 kcal]	7,3	6,5	8,0	6,2	4,7	8,0	0,190	7,7
<b>alkoholfreie Getränke</b>								
Wasser								
absolut [g]	829,0	756,6	911,3	986,6	847,1	1150,5	0,112	961,5
Kaffee und Tee (grün, schwarz)								
absolut [g]	474,7	436,6	518,6	370,8	308,8	436,3	0,014	398,7
Kräuter- und Früchtetee								
absolut [g]	121,3	92,6	149,0	111,3	75,4	154,1	0,597	238,9
Fruchtsäfte und Nektare								
absolut [g]	222,3	193,8	251,7	114,3	82,2	149,2	0,004	177,8
Limonaden								
absolut [g]	85,8	74,6	97,0	75,5	53,7	100,4	0,199	90,9
energieadjustiert [g/1000 kcal]	128,7	102,2	157,1	100,7	54,4	154,9	0,188	78,5
sonstige alkoholfreie Getränke								
absolut [g]	48,1	38,6	58,0	57,5	30,9	88,5	0,528	38,8
energieadjustiert [g/1000 kcal]	38,5	27,8	50,4	52,8	16,0	98,8	0,458	36,1
	10,9	20,5	32,7	9,8	63,2	0,550	17,4	12,7

Fortsetzung Tabelle 22

	Männer								Frauen							
	AER (n = 321)				LER (n = 74)				AER (n = 410)				LER (n = 131)			
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>	
<b>alkoholische Getränke</b>																
Bier																
absolut [g]																
energieadjustiert [g/1000 kcal]																
Wein und Sekt																
absolut [g]																
energieadjustiert [g/1000 kcal]																
Spirituosen, sonstige alkoholische Getränke																
absolut [g]																
energieadjustiert [g/1000 kcal]																

<sup>1</sup> Konfidenzintervall des Mittelwertes; <sup>2</sup> Ergebnis des multiplen Kontrasttests für nicht normalverteilte Daten

### 4.3.2 Low-energy-reporting unter definierten Ernährungsmustern

Nachfolgend wird Low-energy-reporting unter a-priori definierten Ernährungsmustern untersucht. Zum einen werden Ernährungsmuster anhand der Ernährungsqualität bestimmt und zum anderen werden die Individuen auf Basis des Verarbeitungsgrades der verzehrten Lebensmittel fünf Ernährungsmustern zugeordnet.

#### Ernährungsqualität – Healthy Eating Index der NVS (HEI-NVS)

Im Rahmen der Bewertung der Ernährungsqualität wurden zunächst über den HEI-NVS die Indexwerte der einzelnen Lebensmittelgruppen gebildet. Hierdurch kann der Lebensmittelverzehr von AER und LER verglichen und im Zusammenhang mit den Verzehrempfehlungen der DGE (vgl. DGE, 2016) bewertet werden. Die Abbildung 4 und die Abbildung 5 zeigen die Indexwerte der verschiedenen Lebensmittelgruppen für AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) für Männer und Frauen. Sowohl männliche als auch weibliche AER erreichen im Vergleich zu LER signifikant höhere Indexwerte für den Verzehr von Obst, Gemüse, Getreide und Kartoffeln und Milch. Für die Lebensmittelgruppen Fleisch, Alkohol sowie für Fette und Öle liegen die Verzehrgewohnheiten der LER signifikant dichter an den Empfehlungen der DGE. Die Unterschiede hinsichtlich des Konsums von Eiern und alkoholfreien Getränke sind nicht signifikant. Frauen mit einer plausiblen Energiezufuhr weisen im Vergleich zu LER tendenziell höhere Indexwerte im Fischkonsum auf ( $p = 0,082$ ). Für Männer ist dieser Unterschied nicht signifikant.

Unter Verwendung des Huang-Ansatzes zur Identifikation von Misreporting werden vergleichbare Ergebnisse erzielt (vgl. Abbildung A-1 und Abbildung A-2 im Anhang). Lediglich bei den Frauen ist der Unterschied des Indexwertes für Fette und Öle zwischen LER und AER nicht mehr signifikant, eine Tendenz zu höheren Werten für LER ist weiterhin erkennbar ( $p = 0,065$ ).

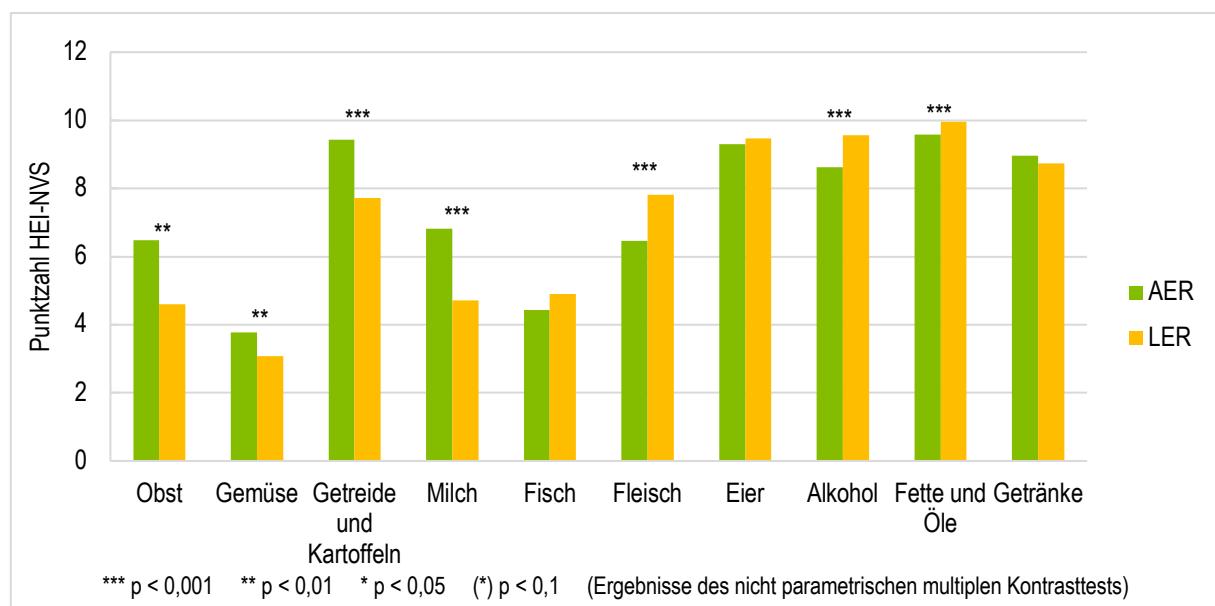


Abbildung 4: Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) – Männer

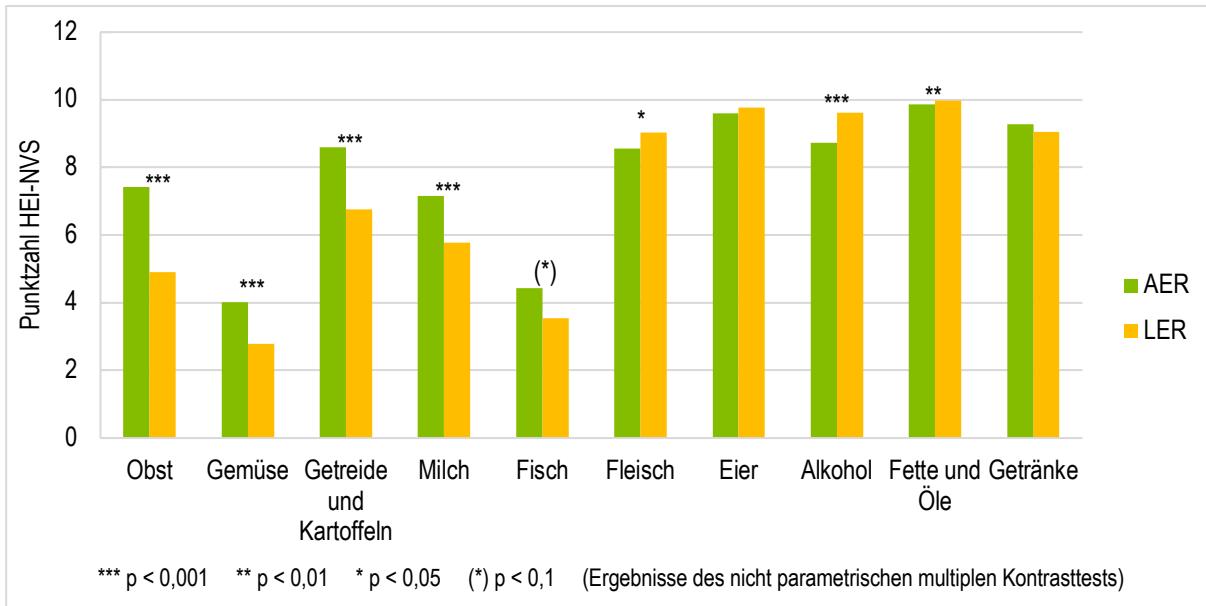


Abbildung 5: Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) – Frauen

Für eine Bewertung der allgemeinen Ernährungsqualität wurde die Indexsumme über alle Lebensmittelgruppen gebildet. Die Analysen zeigen, dass AER insgesamt eine signifikant höhere Indexsumme und damit einen günstigeren Lebensmittelverzehr aufweisen, als LER (vgl. Abbildung 6). Wie aus Abbildung A-3 im Anhang ersichtlich, sind die Unterschiede in der Indexsumme für Männer unter Verwendung des Huang-Ansatzes nicht mehr signifikant ( $p = 0,102$ ).

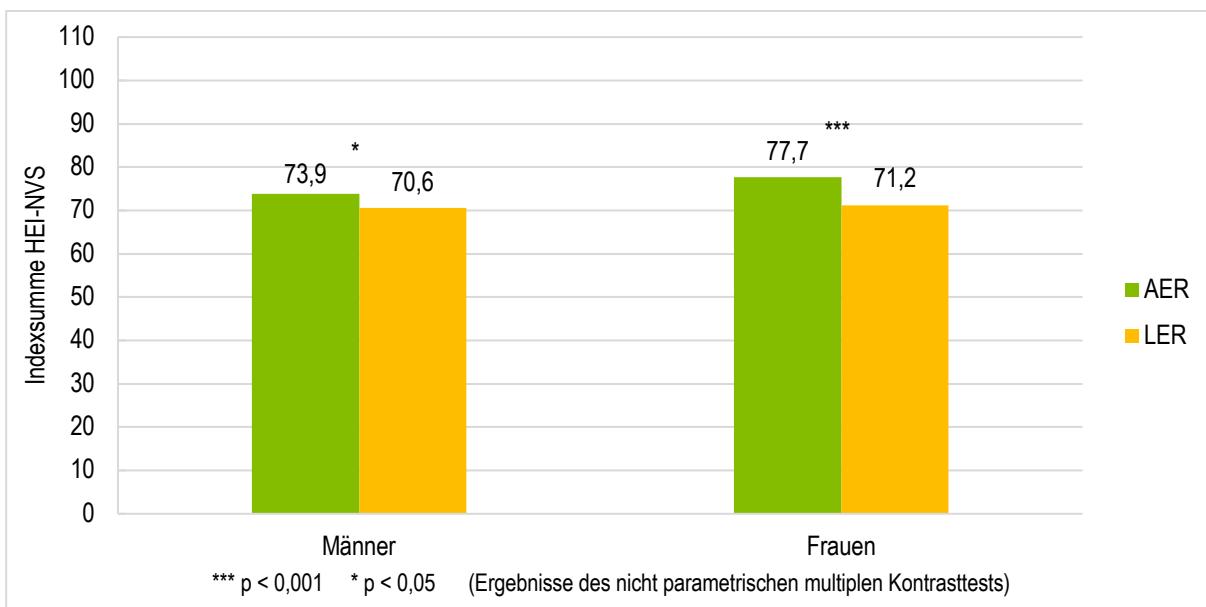


Abbildung 6: Ernährungsqualität - Indexsumme des HEI-NVS von AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert), getrennt nach Geschlecht

Für die weiteren Analysen wurden die Teilnehmenden anhand ihrer Ernährungsqualität, basierend auf den Tertilen für die Indexsumme, in drei Gruppen eingeteilt (vgl. Tabelle 23). Männer mit einer günstigen Lebensmittelauswahl erreichen im Mittel eine Indexsumme von 85,3 Punkten, wohingegen Männer aus dem unteren Tertil eine durchschnittliche Indexsumme von 63,3 realisieren. Für die Frauen liegen diese Werte in ähnlichen Größenordnungen:

86,2 (günstige Lebensmittelauswahl) und 63,8 (ungünstige Lebensmittelauswahl). Personen mit einer ungünstigen Ernährung machen innerhalb der LER etwa 50 % aus (vgl. Tabelle 24). Sowohl bei Männern als auch bei Frauen mit einer plausiblen protokollierten Energiezufuhr ist der Anteil derjenigen mit einer ungünstigen Ernährungsweise signifikant kleiner: 37,1 % (Männer) und 22,2 % (Frauen). Werden LER über den Huang-Ansatz identifiziert, verschieben sich die Anteile innerhalb der Gruppe der LER hin zu einer günstigeren Lebensmittelauswahl, sodass die Unterschiede für Männer nicht mehr signifikant sind (vgl. Tabelle A-9 im Anhang).

**Tabelle 23:** Einteilung der Ernährungsqualität nach Geschlecht (MW, Fallzahl, Prozent)

Ernährungsqualität	Indexsumme	Männer			Frauen		
		MW	n	%	MW	n	%
oberes Tertil = günstig	≥ 79,5	85,3	110	27,6	86,2	207	38,1
mittleres Tertil = mittel	> 70,5 bis 79,5	75,0	132	33,1	75,2	182	33,5
unteres Tertil = ungünstig	≤ 70,5	63,3	157	39,3	63,8	155	28,5

**Tabelle 24:** Vorkommen von Ernährungsmustern zur Ernährungsqualität nach Geschlecht für AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) (Prozent)

Ernährungsqualität	Männer			Frauen		
	AER (n = 321)	LER (n = 74)	p <sup>1</sup>	AER (n = 410)	LER (n = 131)	p <sup>1</sup>
günstig	30,5 %	16,2 %		44,1 %	18,3 %	
mittel	32,4 %	33,8 %	0,030	33,7 %	32,8 %	< 0,001
ungünstig	37,1 %	50,0 %		22,2 %	48,9 %	

<sup>1</sup> Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests

### Ernährungsmuster nach Verarbeitungsgrad der verzehrten Lebensmittel

Das Vorkommen der fünf Ernährungsmuster nach Verarbeitungsgrad der konsumierten Lebensmittel unterscheidet sich zwischen den weiblichen AER und LER nicht signifikant (vgl. Tabelle 25). Bei den Männern ist eine tendenzielle Verschiebung ( $p = 0,098$ ) hin zu dem Ernährungsmuster mit dem höchsten Anteil frischer Lebensmittel erkennbar. So weisen unter den AER lediglich 11,5 % der Männer dieses Ernährungsmuster auf, wohingegen es unter den LER 20,3 % sind. Dafür ist das Ernährungsmuster 2 unter den LER deutlich unterrepräsentiert (9,5 % bzw. 20,2 %). Wird der Huang-Ansatz verwendet, ist der beschriebene Trend unter den Männern nicht mehr zu beobachten ( $p = 0,179$ ) (vgl. Tabelle A- 10 im Anhang).

**Tabelle 25:** Vorkommen von Ernährungsmustern nach Verarbeitungsgrad der konsumierten Lebensmittel nach Geschlecht für AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Goldberg-Cut-off) (Prozent)

EM nach Verarbeitungsgrad	Männer			Frauen		
	AER (n = 321)	LER (n = 74)	p <sup>1</sup>	AER (n = 410)	LER (n = 131)	p <sup>1</sup>
EM 1	11,5 %	20,3 %		25,9 %	24,8 %	
EM 2	20,2 %	9,5 %		22,0 %	21,4 %	
EM 3	20,2 %	20,3 %	0,098	19,8 %	20,7 %	0,741
EM 4	23,7 %	21,6 %		16,6 %	17,0 %	
EM 5	24,3 %	28,4 %		15,9 %	16,1 %	

<sup>1</sup> Ergebnis des Chi-Quadrat-Tests

## 4.4 Nährstoffzufuhr und Low-energy-reporting

Inwiefern sich Low-energy-reporting auf die Nährstoffzufuhr auswirkt, wird nachfolgend beschrieben. Zunächst wird die Nährstoffzufuhr von AER und LER gegenübergestellt und anschließend mit den D-A-CH-Referenzwerten verglichen.

### 4.4.1 Der Einfluss von Low-energy-reporting auf die Nährstoffzufuhr

Für die **Energie-, Ballaststoff- und Makronährstoffzufuhr** kann eine approximative Normalverteilung angenommen werden (vgl. Abbildung A-4 und Abbildung A-5 im Anhang). Daher werden im Weiteren die Ergebnisse der Varianzanalyse sowie der multiplen Kontrasttests dargestellt. Es zeigt sich, dass LER im Vergleich zu AER absolut gesehen signifikant weniger (energieliefernde) Makronährstoffe verzehren und dass dieser Effekt vom Geschlecht abhängig ist (vgl. Tabelle 26). Wird die Nährstoffzufuhr allerdings für die Energiezufuhr adjustiert und als Energieprozent berechnet, zeigen die Analysen keine Wechselwirkungen zwischen dem Reporting-Status und dem Geschlecht. Außerdem wird deutlich, dass LER mehr Energie aus Proteinen protokollieren ( $p < 0,001$ ) und tendenziell weniger Energie aus Fetten zuführen ( $p = 0,082$ ). Abbildung 7 illustriert die Ergebnisse aus Tabelle 26. Die Qualität der verzehrten Fette unterscheidet sich dahingehend, dass LER signifikant weniger Energie aus gesättigten Fettsäuren (SFA) protokollieren (14,5 % bzw. 15,3 %,  $p = 0,004$ ) und tendenziell mehr mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA) verzehren ( $p = 0,061$ ). Hinsichtlich der Energiezufuhr aus Kohlenhydraten sind die Unterschiede nicht signifikant. Absolut betrachtet weisen AER einen signifikant höheren Verzehr von Ballaststoffen auf ( $p < 0,001$ ), allerdings ist die protokolierte Ballaststoffzufuhr im Verhältnis zur rEI von LER signifikant höher ( $p = 0,013$ ). Insgesamt ist die protokolierte Nahrungszufuhr von AER energiedichter als die der LER. Für die meisten energieliefernden Nährstoffe liefert der Huang-Ansatz Ergebnisse, die zu denselben Erkenntnissen führen. Für die Energiezufuhr aus Fetten sind die Unterschiede zwischen LER und AER allerdings signifikant ( $p = 0,046$ ). Die Ergebnisse sind im Anhang in Tabelle A-11 dargestellt.

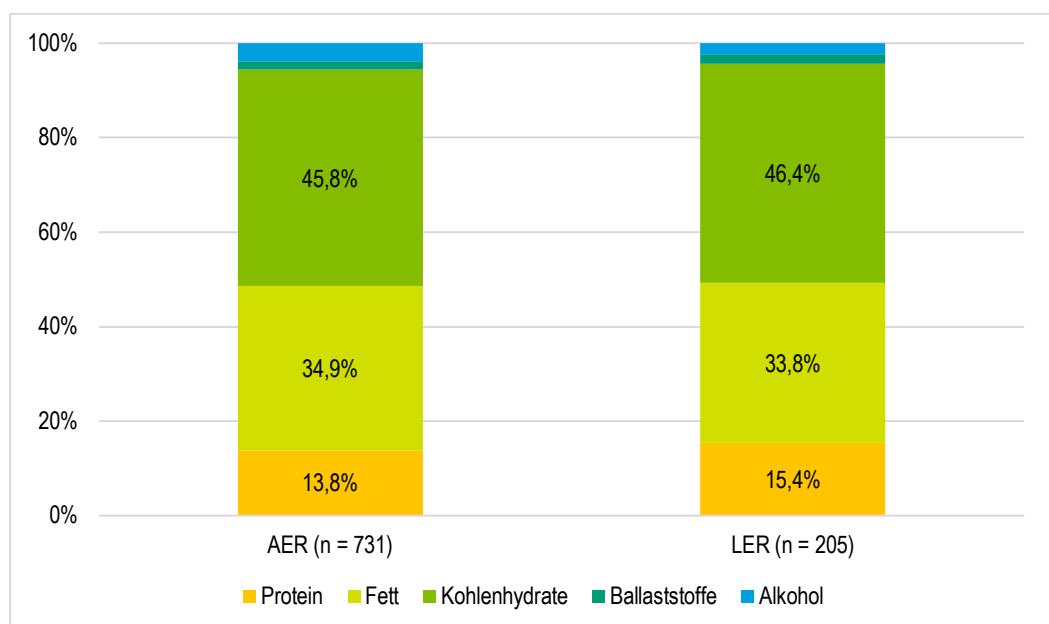


Abbildung 7: Prozentuale Anteile der energieliefernden Nährstoffe an der Gesamtenergiezufuhr nach Reporting-Status

**Tabelle 26:** Energie-, Ballaststoff- sowie Makronährstoffzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert durch den Goldberg-Cut-off) nach Geschlecht

	Gesamt						Männer						Frauen					
	AER (n = 731)			LER (n = 205)			AER (n = 321)			LER (n = 74)			AER (n = 410)			LER (n = 131)		
	MW	SD	MW	SD	p <sup>1</sup>	MW	SD	MW	SD	p <sup>2</sup>	MW	SD	MW	SD	MW	SD	p <sup>2</sup>	
<b>Energiedichte</b>																		
gesamt [kcal/g]	0,70	0,20	0,55	0,19	< 0,001	0,76	0,19	0,61	0,19		0,66	0,20	0,52	0,19				
nur Lebensmittel [kcal/g]	1,84	0,40	1,70	0,41	< 0,001	1,97	0,40	1,83	0,44		1,74	0,37	1,62	0,36				
<b>Protein</b>																		
absolut [g/Tag]	76,2	19,7	53,6	15,5		88,2	19,1	60,5	15,6	< 0,001	66,7	14,3	49,8	14,1				
EN% [%]	13,8	2,1	15,4	2,8	< 0,001	13,9	2,1	15,1	2,4		13,7	2,1	15,6	3,0				
<b>Fett</b>																		
absolut [g/Tag]	89,0	26,3	54,5	17,9		102,7	27,3	63,9	19,8	< 0,001	78,3	19,6	49,3	14,3				
EN% [%]	34,9	5,7	33,8	6,3		35,0	6,1	34,5	6,5		34,8	5,4	33,5	6,3				
<b>Fettqualität</b>																		
SFA - absolut [g/Tag]	39,1	12,7	23,3	8,7		44,8	13,3	26,8	9,7	< 0,001	34,5	10,1	21,4	7,3				
SFA - EN% [%]	15,3	3,1	14,5	3,5	0,004	15,2	3,1	14,4	3,5		15,3	3,1	14,5	3,6				
MUFA - absolut [g/Tag]	29,8	9,3	18,3	6,3		9,8	21,9	7,0	57,2	< 0,001	26,0	6,9	16,2	4,9				
MUFA - EN% [%]	11,7	2,3	11,3	2,3	0,097	11,8	2,4	11,8	2,5		11,6	2,1	11,0	2,2				
PUFA - absolut [g/Tag]	14,1	5,5	9,2	3,4	< 0,001	16,1	5,8	10,9	3,8		12,5	4,7	8,2	2,8				
PUFA - EN% [%]	5,6	1,7	5,8	1,7	0,061	5,5	1,7	5,9	1,7		5,6	1,7	5,7	1,7				
<b>Kohlenhydrate</b>																		
absolut [g/Tag]	253,0	67,6	159,9	38,8		285,4	72,1	178,2	37,5	< 0,001	227,6	51,3	149,5	35,7				
EN% [%]	45,8	6,8	46,4	7,1		44,7	7,2	45,1	6,8		46,6	6,4	47,1	7,2				
<b>Ballaststoffe</b>																		
absolut [g/Tag]	21,2	6,7	14,6	5,7	< 0,001	22,8	7,3	15,8	5,3		19,9	6,0	14,0	5,8				
EN% [%]	1,8	0,5	2,0	0,7	0,013	1,7	0,5	1,9	0,6		1,9	0,5	2,1	0,7				

<sup>1</sup>Ergebnis des multiplen Kontrasttests bei nicht signifikanten Wechselwirkungen zwischen Misreporting mit dem Geschlecht; SFA: gesättigte Fettsäuren; MUFA: einfach ungesättigte Fettsäuren; PUFA: mehrfach ungesättigte Fettsäuren; EN%: Energieprozent

Die Daten der **Mikronährstoff- und Alkoholzufuhr** weisen eher eine linksgipflige und rechtsschiefe Verteilung, mit einer größeren Streuung im oberen Wertebereich auf (vgl. Abbildung A-5 und Abbildung A-6 im Anhang), so dass eine Annahme der Normalverteilung nicht getroffen werden kann. Daher werden im Folgenden die Ergebnisse der nicht parametrischen multiplen Kontrasttests (vgl. Tabelle 27) vorgestellt. Aufgrund der Daten kann keine Varianzanalyse durchgeführt werden und somit liegen keine Informationen zu möglichen Wechselwirkungen zwischen dem Geschlecht und der Plausibilität der protokollierten Energiezufuhr vor. Die Ergebnisdarstellung erfolgt somit ausschließlich getrennt für Männer und Frauen. AER konsumieren mehr Alkohol als LER, diese Unterschiede bleiben auch dann signifikant, wenn der Anteil des Alkohols an der Gesamtenergiezufuhr betrachtet wird. Für alle untersuchten Mikronährstoffe haben AER signifikant höhere Zufuhren protokolliert als LER ( $p < 0,001$ ). Die Unterschiede zwischen LER und AER in der medianen Zufuhr betragen zwischen 25,0 % und 36,4 % (Thiamin- bzw. Folatzufuhr bei Frauen). Werden die protokollierten Zufuhrmengen um die rEI adjustiert, ist die Ernährung der LER (häufig) nährstoffdichter. Für die relative Zufuhr von Thiamin und Zink sind die Unterschiede zwischen LER und AER sowohl für Männer als auch für Frauen signifikant. Während sich die relative Vitamin C- und Eisenzufuhr bei Frauen zwischen LER und AER nicht signifikant unterscheiden, führen männliche LER tendenziell mehr Vitamin C ( $p = 0,074$ ) und signifikant mehr Eisen ( $p < 0,001$ ) bezogen auf 1000 kcal zu, als AER. Im Gegensatz dazu ist die relative Zufuhr von Vitamin B<sub>12</sub> und Calcium bei weiblichen LER im Vergleich zu AER signifikant höher ( $p = 0,025$  und  $p = 0,002$ ). Bei den Männern zeigt sich diese Tendenz bei der relativen Vitamin B<sub>12</sub>-Zufuhr ( $p = 0,053$ ). Werden die Ergebnisse der beiden verwendeten Ansätze zur Identifikation von LER miteinander verglichen, sind diese hinsichtlich der meisten untersuchten Nährstoffe konsistent (vgl. Tabelle A-12 im Anhang). Leichte Unterschiede zeigen sich hinsichtlich der relativen Thiamin-, Vitamin C- und Vitamin B<sub>12</sub>-Zufuhr. Entweder sind die Unterschiede nicht mehr signifikant (Thiamin unter den Männern und Vitamin B<sub>12</sub> unter den Frauen) oder die Fehlerwahrscheinlichkeit steigt über 10 % (Vitamin C unter Männern).

**Tabelle 27:** Mikronährstoff- und Alkoholzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert durch den Goldberg-Cut-off) nach Geschlecht

	Männer				Frauen					
	AER (n = 321)		LER (n = 74)		AER (n = 410)		LER (n = 131)			
	Median	[[Q R]	Median	[[Q R]	Median	[[Q R]	Median	[[Q R]		
<b>Alkohol</b>										
absolut [g/Tag]	11,47	[2,93 - 26,98]	3,17	[0,41 - 9,41]	< 0,001	5,66	[0,69 - 5,66]	0,39	[0,03 - 4,50]	< 0,001
EN% [%]	2,95	[0,74 - 7,98]	1,41	[0,18 - 4,27]	0,017	1,99	[0,25 - 4,36]	0,24	[0,015 - 2,34]	< 0,001
<b>Thiamin</b>										
absolut [mg/Tag]	1,44	[1,22 - 1,79]	0,99	[0,83 - 1,23]	< 0,001	1,12	[0,94 - 1,37]	0,84	[0,64 - 1,01]	< 0,001
relativ [µg/1000 kcal]	0,58	[0,49 - 0,69]	0,62	[0,55 - 0,72]	0,033	0,58	[0,50 - 0,69]	0,64	[0,53 - 0,79]	0,003
<b>Folat (als Folat-Äquivalente)</b>										
absolut [µg/Tag]	251,24	[202,54 - 312,60]	167,24	[127,53 - 217,69]	< 0,001	216,68	[176,69 - 216,68]	137,77	[113,46 - 185,57]	< 0,001
relativ [µg/1000 kcal]	98,79	[82,88 - 120,17]	108,54	[82,29 - 132,36]	0,278	113,77	[92,45 - 141,81]	106,73	[89,63 - 144,38]	0,652
<b>Vitamin C</b>										
absolut [mg/Tag]	119,31	[85,33 - 164,63]	84,44	[61,93 - 123,54]	< 0,001	109,47	[79,97 - 155,79]	70,12	[45,43 - 103,88]	< 0,001
relativ [mg/1000 kcal]	45,30	[32,81 - 63,10]	52,44	[36,38 - 79,81]	0,074	56,13	[41,82 - 79,23]	53,93	[37,61 - 83,58]	0,829
<b>Vitamin B12</b>										
absolut (µg/Tag)	5,36	[4,40 - 7,05]	3,73	[2,85 - 5,08]	< 0,001	3,94	[3,06 - 5,04]	2,91	[2,14 - 3,66]	< 0,001
relativ [µg/1000 kcal]	2,14	[1,76 - 2,67]	2,40	[1,92 - 3,10]	0,053	1,99	[1,62 - 2,54]	2,24	[1,77 - 2,74]	0,025
<b>Zink</b>										
absolut [mg/Tag]	12,06	[10,27 - 14,05]	8,03	[6,83 - 10,19]	< 0,001	9,34	[7,90 - 10,71]	6,93	[5,66 - 8,30]	< 0,001
relativ [mg/1000 kcal]	4,79	[4,22 - 5,32]	5,20	[4,51 - 5,81]	< 0,001	4,82	[4,29 - 5,38]	5,44	[4,62 - 6,31]	< 0,001
<b>Eisen</b>										
absolut [mg/Tag]	12,88	[11,12 - 15,28]	9,21	[7,43 - 11,06]	< 0,001	10,97	[9,23 - 12,60]	7,24	[5,90 - 8,55]	< 0,001
relativ [mg/1000 kcal]	5,18	[4,61 - 5,76]	5,74	[4,92 - 6,46]	< 0,001	5,55	[4,93 - 6,33]	5,56	[4,86 - 6,37]	0,993
<b>Calcium</b>										
absolut [mg/Tag]	916,85	[701,12 - 1162,03]	596,19	[473,48 - 735,54]	< 0,001	831,85	[683,03 - 831,85]	599,65	[498,65 - 749,62]	< 0,001
relativ [mg/1000 kcal]	365,23	[293,79 - 446,74]	380,79	[305,41 - 475,84]	0,568	432,00	[360,39 - 515,97]	463,93	[399,40 - 591,23]	0,002

#### 4.4.2 Vergleich der protokollierten Nährstoffzufuhr mit den D-A-CH-Referenzwerten unter Berücksichtigung von Low-energy-reporting

Im vorangegangenen Kapitel wurde gezeigt, dass LER absolut gesehen weniger Makro- und Mikronährstoffe zu führen als AER. Daher stellt sich die Frage, inwiefern die D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr erreicht werden, wenn ausschließlich Personen mit einer plausiblen Energiezufuhr betrachtet werden, bzw. inwiefern Unterschiede zwischen den LER und AER bestehen. Da die beiden Ansätze von Goldberg und Huang prinzipiell zu denselben Ergebnissen führen (siehe Kapitel 4.4.1), werden die nachfolgenden Auswertungen ausschließlich für den Goldberg-Cut-off mit der Berechnung des REE über die Müller-Gleichung dargestellt.

##### Makronährstoffe

In Abbildung 8 bis Abbildung 10 ist der Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte dargestellt (vgl. DGE et al., 2018 und Tabelle A-2 im Anhang). Die Grafiken stellen die gesamte Population, AER sowie AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$  Punkte vgl. Kapitel 4.3.2) gegenüber. Die Kohlenhydratzufuhr liegt sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen im Median unterhalb der Referenzwerte von 50 Energieprozent. Dabei unterscheidet sich der Anteil derer, die den Richtwert nicht erreichen, zwischen LER und AER nicht signifikant voneinander (Männer: 75,1 % und 73,0 %, Frauen: 62,9 % und 60,3 %) (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12). Für die Protein- und Fettzufuhr wird die Empfehlung bzw. der Richtwert im Median erreicht. Im Hinblick auf die Fettqualität liegt der Median für die Zufuhr von SFA deutlich über dem Referenzwert (über 150 %). Dementsprechend ist der Anteil derer, die oberhalb des Referenzwertes von 10 Energieprozent liegen, sehr hoch: innerhalb der AER sind es bei sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen etwa 96 %. Im Vergleich dazu sinkt der Anteil bei Betrachtung der LER signifikant auf 87,8 % bzw. 90,8 %. Weiterhin unterscheidet sich der Anteil, derer die die Empfehlungen für die Proteinzufuhr nicht erreichen, signifikant zwischen AER und LER: 79,7 % der männlichen LER erreichen die Empfehlungen nicht, wohingegen dieser Anteil unter den AER auf 19,3 % sinkt. Bei den Frauen machen diese Anteile 84,7 % und 25,6 % aus (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12).

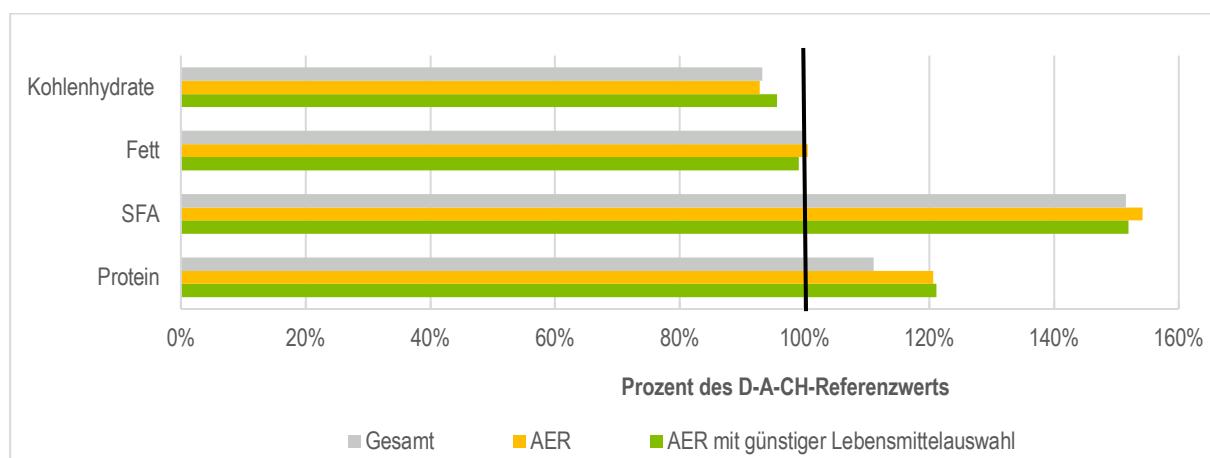
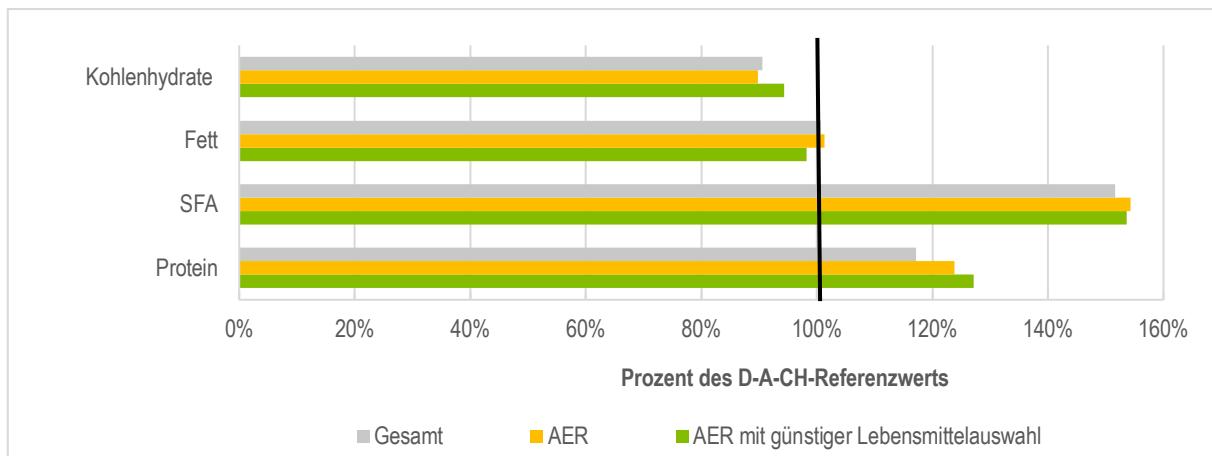
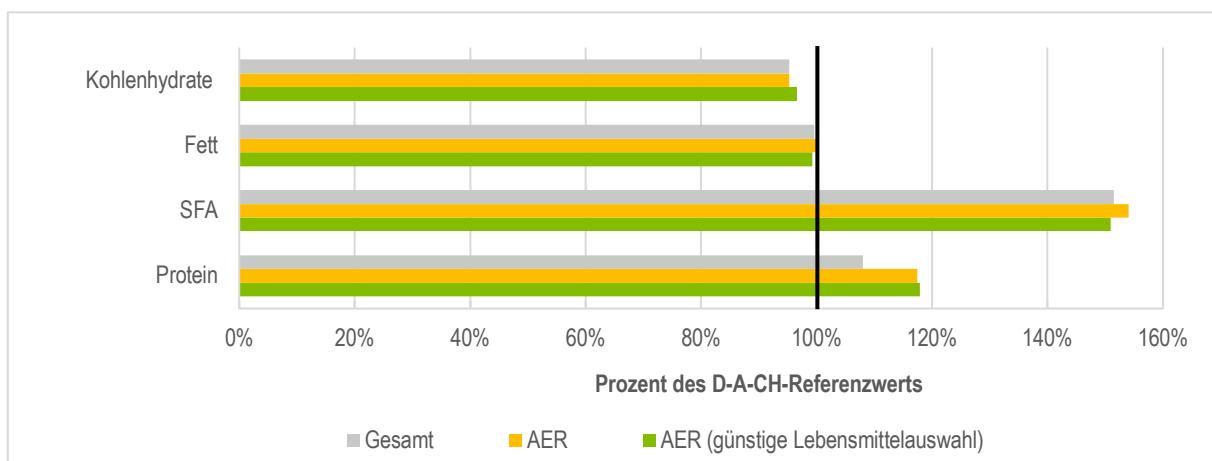


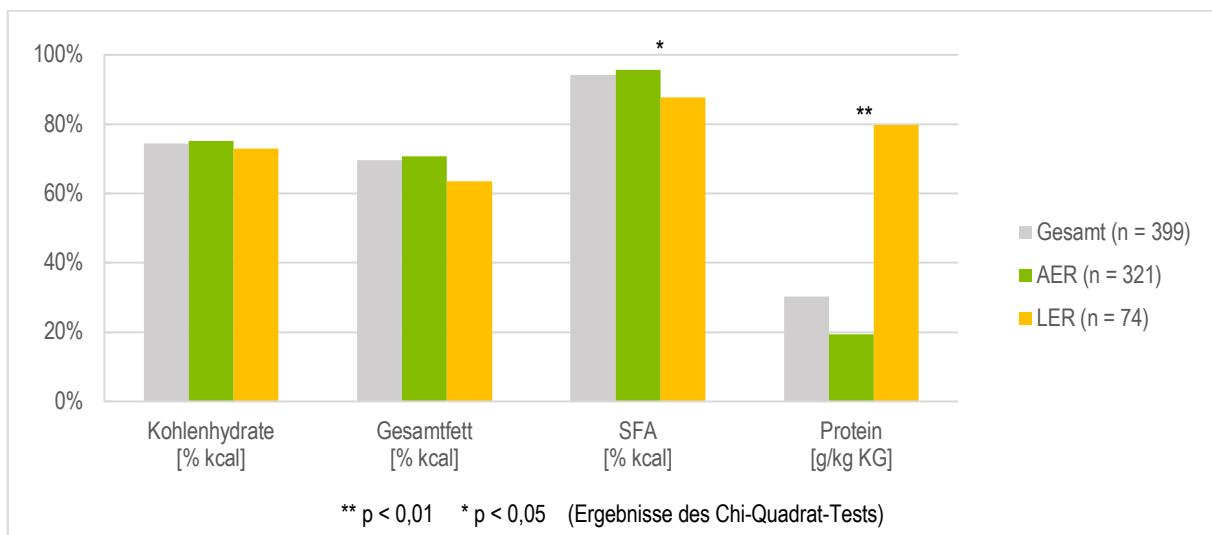
Abbildung 8: Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$ ) - Gesamt (n = 943)



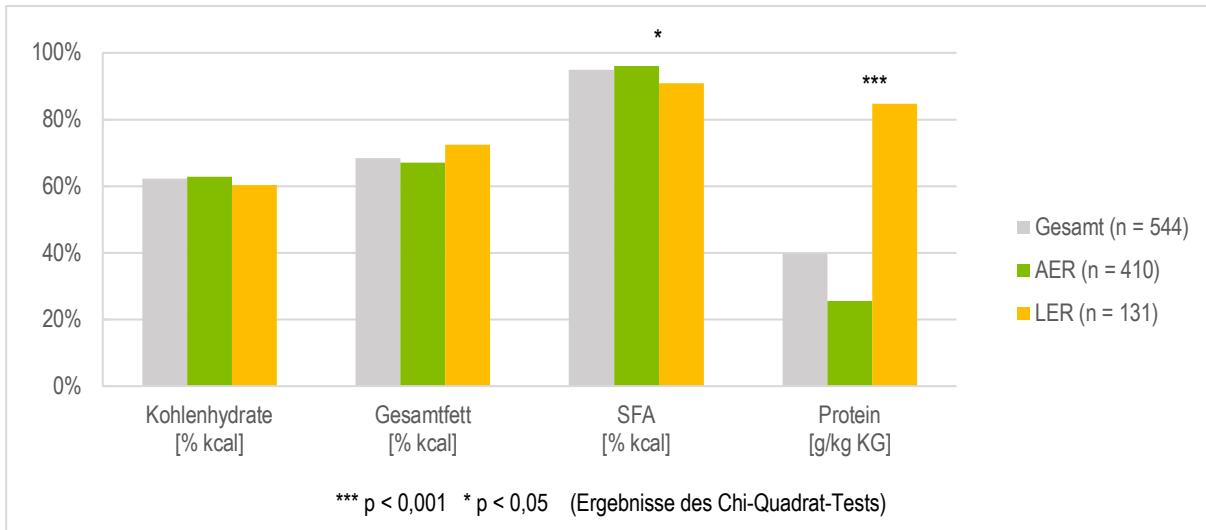
**Abbildung 9:** Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$ ) - Männer (n = 399)



**Abbildung 10:** Median der Makronährstoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$ ) - Frauen (n = 544)



**Abbildung 11:** Anteil der Männer, die außerhalb der Referenzwerte für die Makronährstoffe liegen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert)



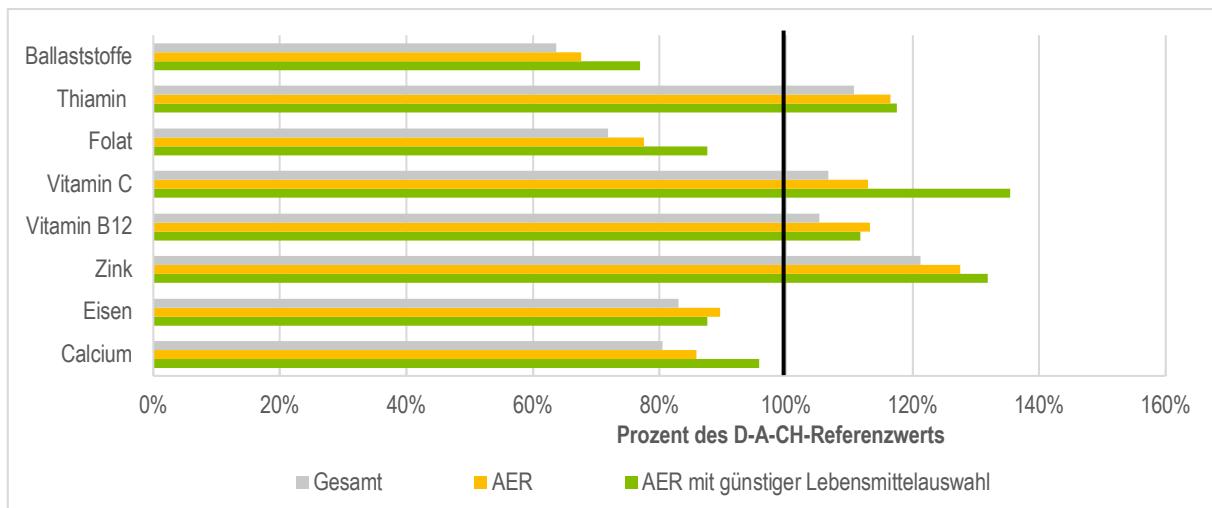
**Abbildung 12:** Anteil der Frauen, die außerhalb der Referenzwerte für die Makronährstoffe liegen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert)

### Mikronährstoffe, Ballaststoffe und Alkohol

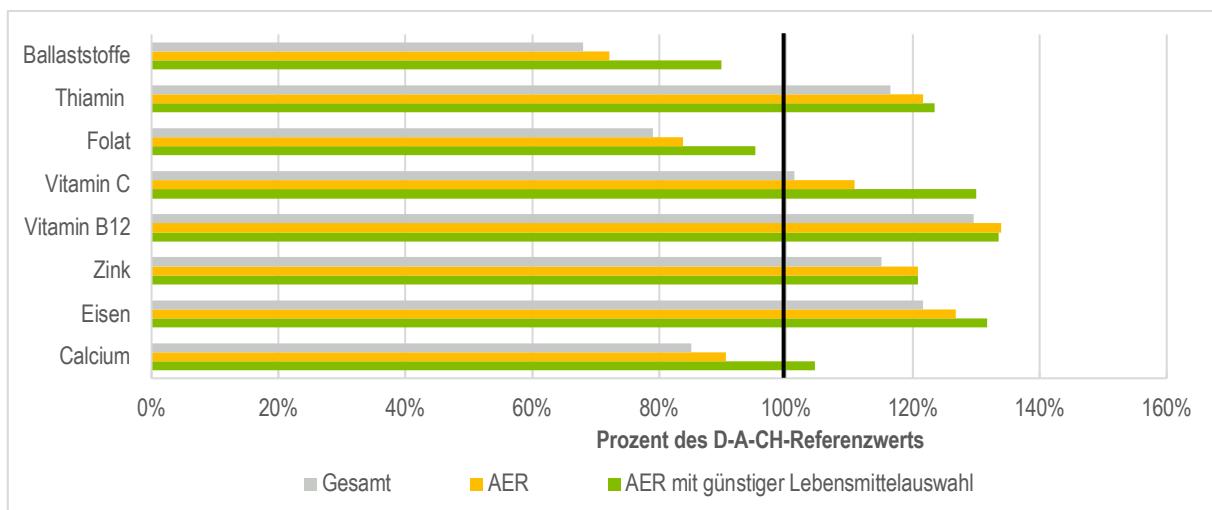
In Abbildung 13 bis Abbildung 15 ist der Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte dargestellt (vgl. DGE et al., 2018 sowie Tabelle A-2 und Tabelle A-3 im Anhang). Die Hälfte der Männer und Frauen führen lediglich etwa 64 % des Referenzwertes von 30 g Ballaststoffe pro Tag zu. Unter Be- trachtung der AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl steigt die mediane Zufuhr bei den Männern auf 89,8 % und bei den Frauen auf 74,5 % des Richtwertes an. Dies entspricht einem Plus von 6 bzw. 4 g Ballaststoffen pro Tag gegenüber der gesamten Studienpopulation. Der Anteil derer, die den Richtwert nicht erreichen, ist auch unter ausschließlicher Betrachtung von AER mit über 85 % relativ hoch (vgl. Abbildung 16 und Abbildung 17).

Männer erreichen in allen betrachteten Teilstudienpopulationen im Median die Zufuhrempfehlungen für Thiamin, Vitamin C, Vitamin B<sub>12</sub>, Zink und Eisen (vgl. Abbildung 14). Werden ausschließlich männliche AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl betrachtet, werden auch die Empfehlungen für die Calciumzufuhr erreicht und die mediane Zufuhr von Folat steigt von 79,0 % auf 95,2 % des D-A-CH-Referenzwertes. Wie aus Abbildung 15 ersichtlich ist, erreichen Frauen im Median die Empfehlungen für die Thiamin-, Vitamin C- und Zinkzufuhr. Wie auch bei Männern zu beobachten ist, steigt die mediane Zufuhr durch die ausschließliche Betrachtung von AER über AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl an. So erreichen Letztere im Median die Zufuhrempfehlungen für Vitamin B<sub>12</sub>. Die mediane Eisen- und Calciumzufuhr steigt von 67,8 % bzw. 77,9 % der Referenzwerte auf 76,9 % bzw. 92,2 % an und der Median der Folat-Zufuhr in dieser Gruppe steigt auf 247 g (82 % des D-A-CH-Referenzwertes). Analog zu diesen Ergebnissen, steigt der Anteil derer, die die Zufuhrempfehlungen für die Mikronährstoffe nicht erreichen innerhalb der LER z. T. erheblich (vgl. Abbildung 16 und Abbildung 17).

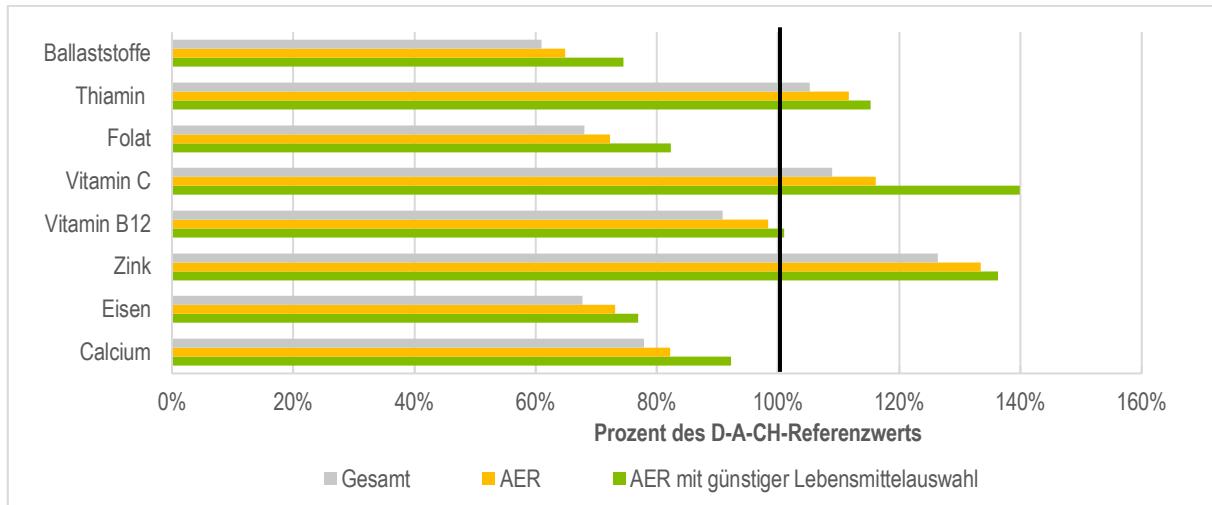
Im Hinblick auf den Alkoholkonsum überschreiten weniger LER die Richtwerte von maximal 20 g bzw. 10 g pro Tag (vgl. Abbildung 18).



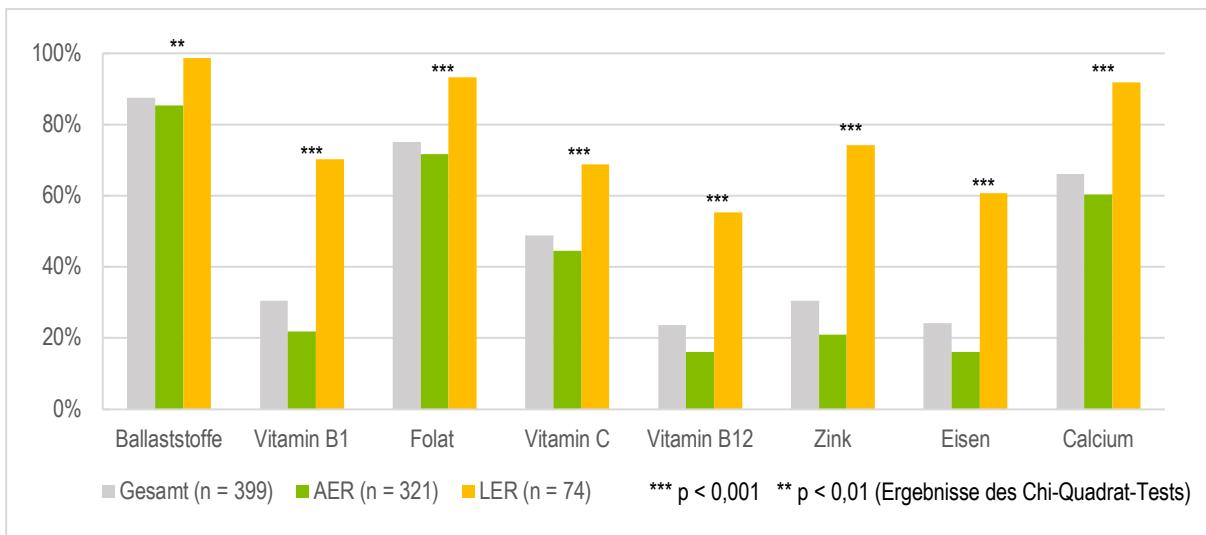
**Abbildung 13:** Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$ ) - Gesamt (n = 943)



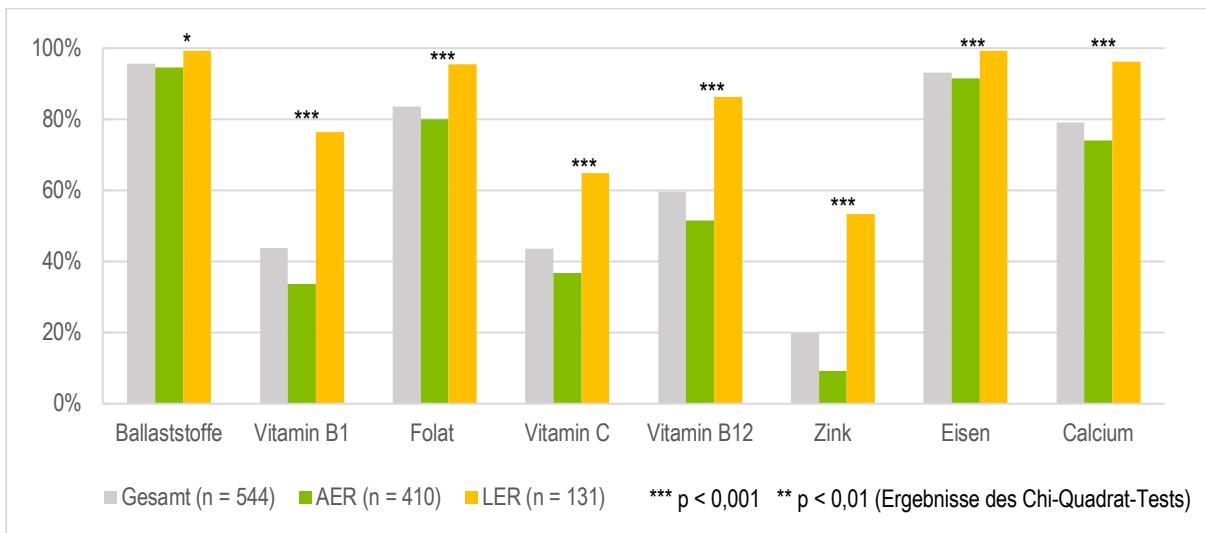
**Abbildung 14:** Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$ ) - Männer (n = 399)



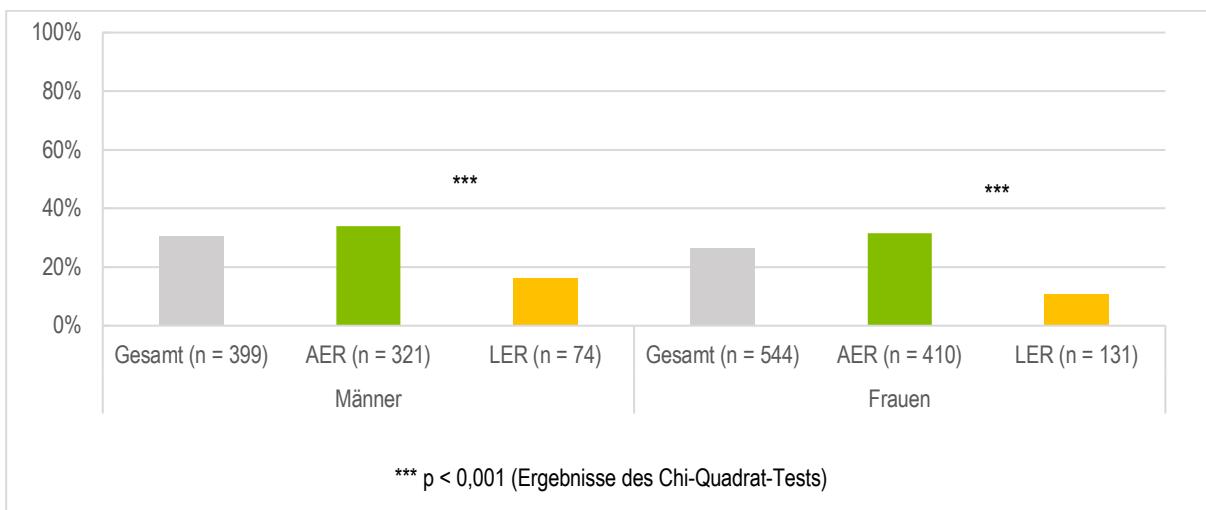
**Abbildung 15:** Median der Mikronährstoff- und Ballaststoffzufuhr in Prozent der D-A-CH-Referenzwerte für die gesamte Studienpopulation, für AER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert) sowie für AER mit einer günstigen Lebensmittelauswahl (HEI-NVS  $\geq 79,5$ ) - Frauen (n = 544)



**Abbildung 16:** Anteil der Männer, die die Referenzwerte für verschiedene Mikronährstoffe nicht erreichen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert)



**Abbildung 17:** Anteil der Frauen, die die Referenzwerte für verschiedene Mikronährstoffe nicht erreichen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert)



**Abbildung 18:** Anteil der Männer und Frauen, die oberhalb der Höchstmenge für die Alkoholzufuhr liegen, dargestellt für die gesamte Population, AER und LER (über den Goldberg-Cut-off identifiziert)

## 5 DISKUSSION

Im Folgenden werden die erzielten Ergebnisse aus Kapitel 4 diskutiert. Zu Beginn wird der Einsatz von Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting kritisch beleuchtet. Anschließend werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit den Ergebnissen anderer, vorheriger Untersuchungen gegenübergestellt. Inwiefern die gewählte Methodik zur Identifikation von Misreporting einen Einfluss auf die Ergebnisse hat, wird in Kapitel 5.3 betrachtet. Das Kapitel schließt mit einer Darstellung der Stärken und Limitationen der Arbeit.

### 5.1 Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting

In Kapitel 2 wurden die in der Literatur verwendeten Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting dargestellt und erläutert. Neben der Entscheidung für eine Schätzmethode, muss eine geeignete Gleichung zur Berechnung des Energieverbrauchs sowie ein entsprechendes PAL festgelegt werden. Da sich die Vorgehensweise zur Identifikation von Misreporting zwischen den Studien z. T. erheblich unterscheidet, ist ein Vergleich der Studienergebnisse, insbesondere zwischen verschiedenen Ländern, schwierig (vgl. EFSA, 2014; POSLUSNA et al., 2009). Darüber hinaus kommen unterschiedliche Verzehrerhebungsmethoden zum Einsatz und erschweren einen Vergleich zusätzlich.

Der Goldberg-Cut-off (vgl. BLACK, 2000a; GOLDBERG et al., 1991) ist der wohl bekannteste und am häufigsten eingesetzte Weg, Misreporting zu identifizieren. Dennoch findet auch der Ansatz der Arbeitsgruppe von Huang et al. (MCCRORY et al., 2002; HUANG et al., 2005) vermehrt Anwendung. Die Autoren dieses Ansatzes kritisieren, dass durch den Goldberg-Cut-off der Fehler, der durch die Annahme eines bestimmten PAL zustande kommt, keine Rechnung getragen werde und darüber hinaus lediglich extreme LER identifiziert werden würden (vgl. MCCRORY et al., 2002). Aus diesem Grund entwickelten sie einen Ansatz, bei dem die rEI direkt mit dem EE verglichen wird. Wird allerdings der geschätzte und nicht der gemessene EE eingesetzt, wird auch hier dieser Fehler nicht berücksichtigt (vgl. BANNA et al., 2017).

Um den Energieverbrauch von Individuen abzuschätzen, wurden in den vergangenen Jahrzehnten zahlreiche Gleichungen für unterschiedliche Populationen entwickelt. SABOUNCHI et al. (2013) trugen in einer Übersichtsarbeit 248 verschiedene Gleichungen zusammen. In mehreren Studien wurde die Validität spezifischer Gleichungen untersucht, allerdings kommen sie z. T. zu widersprüchlichen Ergebnissen (vgl. FLACK et al., 2016). Denn die Gleichungen schätzen nicht genau, wenn das Individuum in einem oder mehrerer Charakteristika (Alter, Herkunft, Geschlecht, Körperzusammensetzung) von der Population abweicht, anhand derer die Gleichung entwickelt wurde (vgl. FLACK et al., 2016). Eine einzige Gleichung für alle Bevölkerungsgruppen kann nicht alle Variationen im Alter, Geschlecht, Herkunft und Körperzusammensetzung hinreichend erfassen (vgl. SABOUNCHI et al., 2013). Deshalb werden in der Literatur zur Identifikation von Misreporting unterschiedliche Gleichungen zur Berechnung des EE angewandt. So verwendet BLACK (2000b) zur Bestimmung des Goldberg-Cut-offs die 1985 von Schofield entwickelte Gleichung zur Berechnung des BMR. Aufgrund dessen sowie durch die Tatsache, dass die Entwicklung dieser Gleichung durch die FAO/WHO/UNU beauftragt und publiziert wurde (vgl. FAO, WHO; UNU, 2001;

HENRY, 2005), findet diese Gleichung in der Forschung häufig Anwendung (vgl. Tabelle 5 sowie POSLUSNA et al., 2009). Allerdings zeigen HENRY et al. (2005), dass diese Gleichung den BMR in den meisten Populationen über-schätzt. Zurückzuführen sei dies auf den großen Anteil an Italienern in der Datenbank, welche offensichtlich einen größeren BMR aufweisen (vgl. HENRY, 2005). Daher entwickelte er auf Basis einer umfassenderen Datenbank mit einer breiteren geografischen und ethischen Repräsentation eine neue Gleichung zur Berechnung des BMR – die Oxford-Gleichung. Diese beiden Gleichungen werden durch die EFSA (2014) als valide eingestuft und für die Identifikation von Misreporting empfohlen. Neben diesen beiden Möglichkeiten den EE zu berechnen, wurden in Studien zu Misreporting weitere regionsspezifische Gleichungen angewendet. Tabelle 28 stellt hierzu eine Übersicht dar. Auch MÜLLER et al. (2004) haben anhand einer deutschen Datenbank mit etwa 2.500 Personen gezeigt, dass die Gleichung von Schofield den REE systematisch über- oder unterschätzt und für die Berechnung des REE der „deutschen Wohlstandsgesellschaft“ (MÜLLER et al., 2004) nicht angemessen ist. Daher entwickelten sie eine neue, gewichtsgruppen-spezifische Schätzgleichung. Vor dem Hintergrund, dass die vorliegende Arbeit auf Daten der deutschen Bevölkerung beruht und mit dem Ziel vergleichbare Daten, insbesondere innerhalb einer Nation zu erhalten, ist diese Gleichung in der vorliegenden Arbeit, wie auch bei STRAßBURG et al. (2017), zum Einsatz gekommen. Unter Verwendung des Huang-Ansatzes wird meist, wie auch durch die Autoren beschrieben, die Gleichung des IOM (2005) zur Abschätzung des TEE angewandt (vgl. GARRIGUET, 2008a; GARRIGUET, 2008b; MENDEZ et al., 2011; RENNIE et al., 2007).

**Tabelle 28:** Übersicht der verwendeten Gleichungen zur Schätzung des BMR/REE in Studien zum Misreporting

Autoren	Jahr	Land	BMR/REE	Gleichung nach
de Souza et al.	2015	Brasilien	BMR/ BMR	Schofield, 1985/ Anjos et al., 2013
Funtikova et al.	2015	Spanien	REE	Mifflin et al., 1990
Gemming et al.	2014	Neuseeland	REE	Bogardus et al. 1986
Markussen et al.	2016	Norwegen	BMR	Henry, 2005
Mendez et al.	2011	Spanien	BMR/ REE	Schofield, 1985/ Mifflin et al., 1990
Murakami et al.	2018	Japan	BMR/ BMR	Schofield, 1985/ Ganpule et al., 2007
Straßburg et al.	2017	Deutschland	REE	Müller et al., 2004
Vanrullen et al.	2014	Frankreich	BMR/ BMR	Schofield, 1985/ Henry, 2005

Wie in Kapitel 2 dargestellt, bildet das PAL eine weitere Größe in den Schätzgleichungen zur Identifikation von Misreporting. Liegen Daten zur körperlichen Aktivität nicht vor, so wird ein PAL für die Population angenommen. Häufig liegt dabei die Annahme eines sitzenden Lebensstils mit PAL = 1,55 zu Grunde (vgl. BLACK, 2000a; MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015). Dieses Vorgehen birgt allerdings das Risiko, dass Individuen missklassifiziert werden. Es werden diejenigen nicht berücksichtigt, die ausgehend von einer hohen EI nicht wahrheitsgetreu protokollieren, sodass das Verhältnis von EI:BMR nicht unter den Cut-off fällt (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003). Gleichzeitig wird durch die Annahme eines sitzenden Lebensstils jedoch gewährleistet, dass der Anteil an LER nicht überschätzt wird (vgl. BLACK 2000b). Insgesamt werden Fehler, die durch die Schätzung oder durch die Annahme des PAL entstehen, in den Gleichungen nicht berücksichtigt (vgl. JESSRI et al., 2016).

Die Genauigkeit des Goldberg-Cut-offs unter Verwendung der Schofield-Gleichung zur Berechnung des BMR wurde in verschiedenen Studien mittels DLW untersucht (vgl. BLACK, 2000b; LIVINGSTONE et al., 2003; TOOZE et al., 2012). Wird der BMR nicht geschätzt, sondern z. B. über indirekte Kalorimetrie gemessen, zeigt sich keine Änderung in der Sensitivität oder Spezifität des Goldberg-Cut-offs (vgl. BLACK, 2000b; LIVINGSTONE et al., 2003). Ist es allerdings möglich ein individuelles PAL zu bestimmen, verbessert dies die Sensitivität erheblich, bei nahezu gleichbleibender Spezifität (vgl. BLACK, 2000b; LIVINGSTONE et al., 2003). Das individuelle PAL kann entweder über die Verwendung von Messgeräten wie z. B. eines Accelerometers gemessen werden (für große epidemiologische Studien allerdings nicht praktikabel) oder über einen Fragebogen zur körperlichen Aktivität erfasst werden. Allerdings zeigen Studien, dass die körperliche Aktivität über entsprechende Fragebögen im Vergleich zu objektiven Verfahren nur begrenzt erfasst werden kann und es oft zu einer subjektiven Überschätzung der Aktivität kommt (vgl. GAEDE-ILLIG et al., 2014). Hierdurch besteht das Risiko, dass ein Misreporting der körperlichen Aktivität als Misreporting der Energiezufuhr interpretiert wird und damit systematische Fehler in die Schätzgleichung eingetragen werden. Da im Rahmen der NVS II die körperliche Aktivität der Teilnehmenden nicht objektiv erfasst und die Angaben zur körperlichen Aktivität nicht hinreichend sind, um ein individuelles PAL für jedes Individuum zu bestimmen, wurde aufgrund der Empfehlungen sowie der gängigen Praxis ein sitzender Lebensstil (PAL = 1,55) angenommen. Es ist wahrscheinlich, dass durch dieses Vorgehen nicht alle LER identifiziert worden sind. Allerdings wurde so gewährleistet, dass AER relativ sicher als solche klassifiziert wurden.

Weiterhin zeigt sich, dass die Wahl der Verzehrerhebungsmethoden einen Einfluss auf die Sensitivität und Spezifität des Goldberg-Cut-offs hat. So weisen 24-h-Recalls und Ernährungsprotokolle eine Sensitivität von 50 % und eine Spezifität nahe 100 % auf (vgl. BLACK, 2000b; LIVINGSTONE et al., 2003; TOOZE et al., 2012). Unter Verwendung eines FFQ steigt die Sensitivität auf 92 % bei einer Spezifität von etwa 88 % (vgl. TOOZE et al., 2012). Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein FFQ im Gegensatz zu einem 24-h-Recall die gewöhnliche Nahrungszufuhr messen soll, was zu einer kleineren intraindividuellen Variabilität der EI führt. Für den Goldberg-Cut-off bedeutet dies weiterhin, dass die Anzahl der protokollierten Tage als unendlich angesehen wird, wodurch die Cut-offs strenger werden und zusätzlich die Sensitivität und Spezifität beeinflussen (vgl. TOOZE et al., 2012).

Die meisten Studien zum Thema Misreporting widmen sich der Identifikation und dem Umgang mit LER, die wenigsten nehmen die HER in Betracht. Auch wenn die Prävalenz für HER im Vergleich zu LER häufig deutlich geringer ausfällt, können durch diese Fokussierung andere Verzerrungen in Verzehrerhebungsstudien entstehen (vgl. POSLUSNA et al., 2009). Aufgrund der geringen Prävalenz von HER in der vorliegenden Arbeit wären z. T. die Voraussetzungen für statistische Tests verletzt worden, sodass die Gruppe der Misreporter von den Analysen ausgeschlossen werden mussten.

Insgesamt können Schätzmethoden lediglich eine unwahrscheinliche Energiezufuhr aufdecken, nicht aber wahres Misreporting identifizieren. So ist es denkbar, dass zumindest ein Teil der Teilnehmenden ihre Nahrungszufuhr exakt protokolliert haben und es sich bei ihrer Ernährungsweise um eine atypische Diät handelt (vgl. GARDEN et al., 2018). Außerdem werden wahre LER mit einem hohen PAL und daher mit einem höheren Energieverbrauch über Schätzmethoden nicht identifiziert (vgl. EFSA, 2014). Ebenso ist es nicht möglich durch Schätzmethoden

Untergruppe von LER zu differenzieren oder zwischen bewusster und unbewusster Falschdokumentation zu unterscheiden. Gleichwohl der Ausschluss von LER zu Verzerrungen führt und die statistische Power der Modelle reduziert, zeigen TOOZE et al. (2012), dass der Goldberg-Cut-off im Vergleich zu DLW durchaus eine gute Trennschärfe aufweist und LER von Nicht-LER angemessen identifiziert werden. Darüber hinaus liefern Studien mit DLW und Schätzmethoden ähnliche Ergebnisse, wenn es um den Zusammenhang zwischen Misreporting und Ernährungsqualität bzw. Gewichtsstatus geht (vgl. MENDEZ, 2015). Daher ist es legitim, Schätzmethoden zur Identifikation von Misreporting heranzuziehen, wenn objektive Methoden zur Erfassung des EE und/oder der körperlichen Aktivität fehlen.

## 5.2 Studienergebnisse im Vergleich mit vorherigen Untersuchungen

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit vorherigen Studien verglichen und diskutiert werden. Vor dem Hintergrund, dass in einem Großteil der Studien LER über den Goldberg-Cut-off identifiziert wurden, werden in den Kapiteln 5.2.1 bis 5.2.4 ebenfalls diese Ergebnisse zugrunde gelegt. Grundsätzlich müssen bei der Identifikation von Misreporting eine Vielzahl von Entscheidungen getroffen werden, die die Methodik und das Vorgehen betreffen. Daher ist ein Vergleich zwischen den Studien teilweise schwierig. Auf evtl. Abweichungen zwischen den Vorgehensweisen sowie auf den Einfluss der gewählten Methodik wird in Kapitel 5.3 eingegangen.

### 5.2.1 Prävalenz von Misreporting

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 21,7 % der Teilnehmenden als LER klassifiziert, dabei ist der Anteil unter Frauen höher als unter Männer (24,1 % bzw. 18,5 %). Diese Ergebnisse liegen damit innerhalb der Spannweite für die Prävalenz von LER die vorausgegangene Studien ermittelt haben (vgl. Tabelle 5). Wie in Kapitel 2.3 dargestellt, unterscheiden sich die Prävalenzen z. T. erheblich voneinander. So liegen die Werte für Männer und Frauen zwischen 3,2 % und 43,1 %. Zurückzuführen ist diese große Variabilität zum einen auf die verschiedenen Länder, in denen die Studien durchgeführt wurden. So zeigen z. B. MURAKAMI et al. (2018), dass die Prävalenz für LER in Japan deutlich geringer ist, als in anderen Regionen. Zum anderen kann die Zusammensetzung der Stichprobe eine Ursache dieser Unterschiede sein. Ein Studienkollektiv mit einem hohen Anteil Übergewichtiger (vgl. BANNA et al., 2015; LOPES et al., 2016; RAVELLI et al., 2018) kann zu einem hohen Anteil an LER führen. Weiterhin hat der Einsatz verschiedener Erhebungsinstrumente zur Erfassung der Energie- und Nährstoffzufuhr einen Einfluss auf die geschätzte Prävalenz von Misreporting. Es existiert kein Erhebungsinstrument, welches die tatsächliche Nahrungszufuhr erfassen kann. Jede Methode hat Vor- und Nachteile und kann lediglich eine Annäherung an das wahre Ernährungsverhalten leisten (vgl. RIBAS-BRABA et al., 2009). STRÄSSBURG et al. (2017) zeigten, dass die Prävalenz von LER im 24-h-Recall mit 16 % am geringsten ist, im Vergleich zur Diet-History (23 %) und zu Ernährungsprotokollen (22 %). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch LOPES et al. (2016). Sie berichten beim 24-h-Recall eine Prävalenz von 20 % und bei Ernährungsprotokollen von 32 %. Weiterhin zeigen RIBAS-BARBA et al. (2009), dass durch einen FFQ, im Vergleich zum 24-h-Recall, die Prävalenz für Misreporting geringer ist. Diese Unterschiede sind durch die spezifischen Vor- und Nachteile der Erhebungsinstrumente im Zusammenhang mit Reaktivität und Erinnerungsvermögen sowie durch die zu Grunde gelegte Anzahl der protokollierten Tage in den

Schätzmethoden zu begründen (vgl. Kapitel 2.2). Darüber hinaus unterscheidet sich das Vorgehen zur Identifikation von Misreporting (Berechnung des Cut-offs, des Energiebedarfs sowie des PAL) und kann damit zu unterschiedlichen Prävalenzen führen. Entgegen dieser Ergebnisse zeigen POSLUSNA et al. (2009) allerdings, dass die Prävalenzen von LER im Median zwischen 24h-Recalls und Ernährungsprotokollen nicht signifikant voneinander abweichen.

Insgesamt steht die Untersuchung von High-energy-reporting seltener im Fokus von Studien. In den Arbeiten, in denen neben LER auch HER identifiziert wurden, sind die Prävalenzen für HER, im Vergleich zu LER, meist deutlich geringer. In der untersuchten Studienpopulation wurden 0,7 % der Teilnehmenden als HER klassifiziert. Dieser Anteil ist vergleichbar mit anderen Studien, in denen Prävalenzen zwischen 0 % und 10 % berichtet wurden (vgl. Tabelle 5). Datengrundlage der Studie von STRASBURG et al. (2017) sind die Verzehrdaten von Teilnehmenden der NVS II bei denen alle drei Erhebungsmethoden (24h-Recall, Diet History und Ernährungsprotokoll) durchgeführt werden konnten. Bei Betrachtung der Daten aus den Ernährungsprotokollen identifizierten die Autoren 22 % als LER und weniger als 1 % als HER. Diese Ergebnisse werden durch die vorliegende Arbeit gestützt (21,7 % und 0,7 %).

### 5.2.2 Charakteristika von Misreportern

Um zu entscheiden, wie mit Misreporting und insbesondere mit Low-energy-reporting in Verzehrerhebungsstudien umgegangen werden soll und um die daraus resultierenden (systematischen) Fehler einordnen und interpretieren zu können, ist es zunächst von Interesse die Personengruppen, in welchen Low-energy-reporting besonders prävalent ist, zu charakterisieren. Hierbei ist der **Gewichtsstatus** bzw. der BMI die Einflussgröße mit dem stärksten Zusammenhang. So ist in der vorliegenden Arbeit der Anteil adipöser Personen innerhalb der LER im Vergleich zu AER signifikant höher und der Anteil Normalgewichtiger signifikant niedriger. Auch die logistische Regressionsanalyse zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit für LER bei Präadipositas bzw. Adipositas im Vergleich zu Normalgewichtigen um das zwei- bzw. fünffache steigt. Damit werden die sehr konsistenten Ergebnisse aus der Literatur bestätigt (vgl. Tabelle 6; LIVINGSTONE und BLACK, 2003; POSLUSNA et al., 2009). Zurückzuführen sind diese Ergebnisse möglicherweise auf den Wunsch nach Gewichtsverlust bzw. der Unzufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht (vgl. LUTOMSKI et al., 2010; RASMUSSEN et al., 2006) sowie auf ein gezügeltes Essverhalten (vgl. ASBECK et al., 2002). Allerdings zeigen einige wenige Studien keinen signifikanten Zusammenhang zwischen LER und dem BMI (vgl. BANNA et al., 2015; LOPES et al., 2016; RAVELLI et al., 2018). Diese Ergebnisse sind durch den hohen Anteil Übergewichtiger in den Studienkollektiven zu begründen. Je höher der BMI, desto eher neigt folglich ein Individuum dazu die Energiezufuhr nicht wahrheitsgetreu zu protokollieren. Dieser Zusammenhang darf aber keinesfalls absolut betrachtet werden. So gibt es auch durchaus übergewichtige Personen, deren protokolierte Energiezufuhr plausibel ist und wiederum Normalgewichtige, deren protokolierte Energiezufuhr unterhalb des Cut-offs liegt. In der vorliegenden Arbeit sind immerhin knapp 30 % der LER normalgewichtig, sodass neben dem Körpergewicht auch andere Faktoren einen Einfluss auf eine nicht plausible Protokollführung haben.

Hierzu gehört u. a. das **Geschlecht**. Die Richtung und Stärke des Einflusses konnten allerdings bislang nicht eindeutig geklärt werden. Sowohl LIVINGSTONE und BLACK (2003) als auch POSLUSNA et al. (2009) berichten, dass ein Großteil der Studien zu dem Ergebnis kommt, dass Low-energy-reporting mit Frauen assoziiert ist. Ebenso berichteten die meisten der in Kapitel 2.3.2 dargestellten Studien von einer höheren Prävalenz von LER unter Frauen (z. B. KYE et al., 2014; MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015; YANNAKOUILIA et al., 2007) und auch in der vorliegenden Arbeit ist der Anteil von Frauen unter den LER signifikant höher (63,9 % der LER sind Frauen und 35,1 % sind Männer). Zudem ist die Wahrscheinlichkeit für LER im Vergleich zu AER bei Frauen um das 1,5-fache höher als bei Männern. Diesen Ergebnissen stehen aber auch einige Studien gegenüber, die entweder keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern feststellen konnten (z. B. JESSRI et al., 2016; VANRULLEN et al., 2014) oder Studien, die bei Männern eine höhere Prävalenz aufweisen (BEDARD et al., 2004; LUTOMSKI et al., 2010).

Ein weiterer Einflussfaktor ist das **Alter**, allerdings ist auch dieser Effekt in den betrachteten Studien nicht eindeutig (vgl. Tabelle 6). Ein Teil kommt zu dem Schluss, dass LER eher Ältere betrifft (z. B. GEMMING et al., 2014; JESSRI et al., 2016), andere Arbeiten zeigen, dass vor allem Jüngere nicht plausibel protokollieren (z. B. VANRULLEN et al., 2014; MURAKAMI et al., 2018) oder es werden keine Alterseffekte nachgewiesen (z. B. BANNA et al., 2015; LOPES et al., 2016). Auch auf Grundlage der vorliegenden Arbeit kann die Frage nach dem Einfluss des Alters nicht abschließend geklärt werden. Während der Chi-Quadrat-Test zu nicht signifikanten Unterschieden zwischen den Altersgruppen kommt, zeigt die logistische Regressionsanalyse, dass die Teilnehmenden über 35 Jahre im Vergleich zu der jüngsten Altersgruppe (14 bis 18 Jahre) ein reduziertes Risiko für LER aufweisen.

Für die Interpretation dieser z. T. widersprüchlichen Ergebnisse kommt erschwerend hinzu, dass in vielen Studien, ebenso wie in der vorliegenden Untersuchung, häufig ein einziger Cut-off zur Identifikation von LER angesetzt wird. DLW-Studien lassen annehmen, dass Männer und jüngere Menschen einen höheren Energieverbrauch aufweisen (vgl. BLACK et al., 1996) und damit auch mehr Nahrung und Energie zuführen. Wenn nun Personen ausgehend von einer höheren Energiezufuhr aufgrund eines höheren Energieverbrauchs nicht plausibel protokollieren, würden diese nicht unter den Cut-off fallen und als LER identifiziert werden (vgl. BLACK, 2000b). Diese These wird durch die Arbeit von LIVINGSTONE und BLACK (2003) gestützt. Sie untersuchten den Effekt des Geschlechts anhand von elf DLW-Studien zu Misreporting und kommen zu dem Ergebnis, dass sich der Anteil an LER zwischen Männern und Frauen nicht signifikant voneinander unterscheidet, wenn der individuelle EE bestimmt werden kann. Weiterhin wird in den Arbeiten von BEDARD et al. (2004) und LUTOMSKI et al. (2010) die körperliche Aktivität miterfasst, sodass ein höherer Energieverbrauch bei der Identifikation von LER berücksichtigt wird und so mehr Männer als LER klassifiziert werden (vgl. Tabelle 6). Diese Problematik bekommt durch die Arbeit von CARLSOHN et al. (2012) ein noch stärkeres Gewicht. Ziel der Autoren war es, Underreporting bei Hochleistungssportlern, also bei normalgewichtigen Personen mit einer extrem hohen Energiezufuhr, zu erfassen. Sie zeigen, dass sowohl die Prävalenz als auch das Ausmaß von Low-energy-reporting mit zunehmender Energiezufuhr steigt. Zurückgeführt werden diese

Ergebnisse auf normabweichende Portionsgrößen, die nicht richtig eingeschätzt werden, vergessen zu protokollierende Zwischenmahlzeiten sowie auf eine teilweise fehlende Compliance aufgrund einer hohen Reisetätigkeit, einer starken zeitlichen Belastung sowie aufgrund eines höheren Außer-Haus-Verzehrs (vgl. CARLSOHN et al., 2012).

Weiterhin wurde in Studien zu Misreporting der Einfluss des **sozioökonomischen Status** untersucht. In der vorliegenden Arbeit ist Low-energy-reporting mit der Mittelschicht sowie der unteren Mittelschicht assoziiert (OR 1,8 und 2,3). Auch POSLUSNA et al. (2009) berichten davon, dass in den meisten Studien Low-energy-reporting mit einem niedrigeren sozioökonomischen Status oder mit einem geringeren Bildungsniveau assoziiert ist. Ebenso zeigt die Mehrheit der Studien aus Tabelle 6 einen inversen Zusammenhang zwischen Low-energy-reporting und dem Bildungsniveau auf (z. B. KYE et al., 2014; MUKARAMI und LIVINGSTONE, 2015). Im Gegensatz dazu beschreiben andere Studien, dass LER häufig höheren sozialen Schichten angehören bzw. ein höheres Bildungsniveau aufweisen (vgl. LUTOMSKI et al., 2010; POSLUSNA et al., 2009; YANNAKOURIA et al., 2007). Beide, doch gegensätzliche Beobachtungen lassen sich sachlogisch begründen: Zum einen können schlechte Lese- und Schreibfähigkeiten von weniger gebildeten Personen zu Low-energy-reporting führen und zum anderen kann das höhere Gesundheits- und Ernährungsbewusstsein derjenigen mit einem höheren sozioökonomischen Status dieselben Ergebnisse hervorbringen (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003). So zeigen auch die Ergebnisse der NVS, dass Personen der oberen sozialen Schicht eine etwas günstigere Lebensmittelauswahl aufweisen, als Personen der mittleren und unteren sozialen Schicht (vgl. HESEKER, 2012).

Inwiefern die **körperliche Aktivität** der Teilnehmenden einen Einfluss auf die Plausibilität der Verzehrerhebungen hat, wurde bislang wenig untersucht und die Ergebnisse hierzu sind uneinheitlich. Von den in Tabelle 7 dargestellten Studien zeigen die meisten keinen signifikanten Zusammenhang auf (z. B. JESSRI et al., 2016; RASSMUSSEN et al., 2006), gefolgt von einem positiven Zusammenhang (vgl. MATTISON et al., 2005; MENG et al., 2012). Nur eine Studie berichtet von einer inversen Assoziation (MARKUSSEN et al., 2016). Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den vorliegenden Daten. Auch wenn der Chi-Quadrat-Test tendenziell mehr sportlich Aktive innerhalb der LER nachweist ( $p = 0,054$ ), wurde dieser Einflussfaktor aufgrund fehlender Signifikanz nicht in das logistische Modell aufgenommen.

### 5.2.3 Low-energy-reporting im Zusammenhang mit Lebensmittelgruppen und Ernährungsmustern

Um die Auswirkungen von Low-energy-reporting beurteilen zu können, stellt sich die Frage, ob eine nicht plausible Protokollführung die gesamte Ernährung betrifft oder ob bestimmte Lebensmittel oder Lebensmittelgruppen, sei es bewusst oder unbewusst, nicht protokolliert werden. Aufgrund der Tatsache, dass LER eine geringere Energiezufuhr protokollieren als AER, ist zu vermuten, dass die meisten Lebensmittel durch LER, absolut gesehen, weniger konsumiert werden. Dies wird durch die vorliegende Arbeit sowie durch die Literatur bestätigt (vgl. BAILEY et al., 2007; JOHANSSON et al., 2001; RAVELLI et al., 2018; STRAßBURG et al., 2017).

Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang, ob spezifische Lebensmittel oder Lebensmittelgruppen im Verhältnis zur Energiezufuhr mehr oder weniger protokolliert werden. So zeigen die analysierten Verzehrdaten,

dass in Relation zur rEI weniger Backwaren, Nüsse und Samen, tierische Fette und Süßigkeiten sowie Bier, Wein und Sekt protokolliert werden. Für Männer werden diese Beobachtungen ebenfalls für Milch und Milchmischgetränke gemacht und für Frauen hinsichtlich des Konsums von Obsterzeugnissen, Fruchtsäften und Nektaren. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Arbeiten anderer Autoren. So wird von einem geringeren Verzehr von süßem Gebäck (vgl. MENDEZ et al., 2011) und zugesetztem Zucker (vgl. RASMUSSEN et al., 2006) sowie von einer geringeren Energiezufuhr aus festen Fetten und zugesetztem Zucker (SoFAS) (vgl. JESSRI et al., 2016) berichtet. Weiterhin zeigt die vorliegende Untersuchung, dass LER bezogen auf die EI einen höheren Verzehr von pflanzlichen Fetten protokollieren. Für Frauen werden entsprechende Beobachtungen zum Verzehr von Fleisch und Wurstwaren sowie zum Brotverzehr gemacht. Männliche LER protokollieren mehr Gemüse und Kartoffeln. In der Literatur werden diese und ähnliche Ergebnisse auf ein selektives Underreporting von Lebensmitteln zurückgeführt, die aufgrund ihres hohen Fett- und Zuckergehaltes eher als „ungesund“ gelten (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; MACDIARDMID und BLUNDELL, 1998). Gleichzeitig werden in einigen Studien Lebensmittel mit einer hohen Nährstoffdichte und einer geringen Energiedichte wie Obst, Gemüse und Cerealien (vgl. JESSRI et al., 2016; KYE et al., 2014; LIVINGSTONE und BLACK, 2003; MENDEZ et al., 2011) überproportional stark durch LER protokolliert. Diese Beobachtungen können durch zwei unterschiedliche Ansätze erklärt werden. Zum einen kann das selektive Underreporting von Lebensmitteln mit einer hohen Energiedichte damit begründet werden, dass Teilnehmende sozial erwünschte Antworten geben und so Lebensmittel, die sie als „gesund“ einschätzen, verstärkt protokollieren (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; MACIDARMID und BLUNDELL, 1998; SCAGLIUSI et al., 2003). Zum anderen kann Misreporting auch Folge der gewählten Ernährungserhebungsmethode sein. So ist insbesondere das Führen von Ernährungsprotokollen mit einem hohen (Zeit-)Aufwand für die Teilnehmenden verbunden (vgl. STRAßBURG, 2010), wodurch die Zuverlässigkeit der Protokolle sowie das Ernährungsverhalten beeinflusst werden kann (vgl. MACIDARMID und BLUNDELL, 1998). In Folge werden ggf. konsumierte Lebensmittel nicht protokolliert oder es werden verstärkt Mahlzeiten und Lebensmittel verzehrt, deren Dokumentation möglichst einfach ist. Bei retrospektiven Methoden (24-h-Recall, Diet-History, FFQ), sind die Ergebnisse maßgeblich von dem Erinnerungsvermögen der Teilnehmenden abhängig (vgl. STRAßBURG, 2010). POPPITT et al. (1998) zeigen, dass Studienteilnehmende häufiger vergessen Snacks und Zwischenmahlzeiten zu dokumentieren als Hauptmahlzeiten. Insbesondere Kuchen, Kekse und fettreiche Knabberartikel werden oft als Snack oder Zwischenmahlzeit verzehrt (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003). In diesem Zusammenhang zeigen Studien zu Misreporting, dass LER seltener Snacks und Zwischenmahlzeiten protokollieren (vgl. LUTOMSKI et al., 2010; MAURER et al., 2006).

Es ist denkbar, dass die dargestellten Unterschiede in der Lebensmittelwahl zwischen LER und Nicht-LER nicht unbedingt auf Underreporting zurückzuführen sind, sondern durch Unterschiede im Ernährungsmuster hervorgerufen werden (vgl. MILLEN et al., 2009). Allerdings zeigen zwei Studien, dass sich die a-posterior definierten Ernährungsmuster mit und ohne Ausschluss von LER nicht voneinander unterscheiden (vgl. MARKUSSEN et al., 2016; FUNTIKOVA et al., 2015). Im Gegensatz hierzu identifiziert eine weitere Autorengruppe zunächst drei und nach Ausschluss der LER noch zwei verschiedene Ernährungsmuster (vgl. SHANESHIN et al., 2014). Zusammenfassend werden die a-posterior identifizierten Ernährungsmuster nicht maßgeblich von Misreporting beeinflusst, vielmehr

stützen die Ergebnisse die dargestellten Beobachtungen, dass ein selektives Underreporting von ungesund gelgenden Lebensmitteln stattfindet. So ist der Anteil an LER im „healthy“-Ernährungsmuster am größten (vgl. SCAGLIUSI et al., 2008) und im „unhealthy“-Ernährungsmuster am geringsten (vgl. SHANESHIN et al., 2014). Misreporting ist folglich sowohl ein generelles als auch selektives Problem in Verzehrerhebungen. Vor diesem Hintergrund und durch die Tatsache, dass verarbeitete Lebensmittel häufig eine hohe Energiedichte aufweisen (vgl. NIGGEMEIER, 2017) und durch Konsument/innen als „ungesund“ eingestuft werden (vgl. ARES, 2016), lässt sich annehmen, dass LER weniger verarbeitete Lebensmittel protokollieren. Allerdings kann die vorliegende Arbeit diese Hypothese von NIGGEMEIER (2017) nicht vollends stützen. Während sich bei Männern ein Trend hin zu dem Ernährungsmuster mit dem höchsten Anteil frischer Lebensmittel beobachten lässt, zeigt sich bei Frauen, dass die Anteile an LER zwischen den verschiedenen Ernährungsmustern nach Verarbeitungsgrad nahezu gleichverteilt sind (vgl. Kapitel 4.3.2).

Weiterhin kann angenommen werden, dass durch ein selektives Weglassen von kalorienreichen Snacks und Zwischenmahlzeiten sowie durch eine überproportionale Dokumentation von nährstoffreichen Lebensmitteln wie Obst, Gemüse und Cerealien, die Ernährungsqualität von LER besser zu bewerten ist als die der AER. Auch diese Hypothese kann durch die analysierten Daten nicht bestätigt werden. Während LER die Empfehlungen der DGE (2016) für den Verzehr von Fleisch, Alkohol sowie für Fette und Öle eher erreichen als AER, trifft dies für die meisten anderen Lebensmittelgruppen nicht zu. AER erreichen höhere Indexwerte für Obst, Gemüse, Getreide und Kartoffeln, Milch sowie für Fisch (nur Frauen). Insgesamt erreichen AER im Mittel signifikant höhere Indexwerte als LER und zudem ist der Anteil derer mit einer ungünstigen Ernährungsqualität (Indexsumme < 70,5) unter LER im Vergleich zu AER signifikant höher. OLZA et al. (2019) untersuchten in ihrer Arbeit die Ernährungsqualität von AER und der gesamten Bevölkerung anhand verschiedener Indices. Für den ihrerseits entwickelten ANIBES-DQI<sup>4</sup> zeigten sie, dass der Anteil der Personen mit einer ungünstigen Ernährungsweise in der Gesamtbevölkerung signifikant größer ist, als unter ausschließlicher Betrachtung von AER (69,5 % bzw. 49,0 %). Daraus schlussfolgern die Autoren, dass Low-energy-reporting dazu führt, dass der Anteil derjenigen mit einer „scheinbaren“ ungünstigen Ernährungsweise in der Bevölkerung überschätzt wird. Im Gegensatz hierzu konnten LUTOMSKI et al. (2010) zeigen, dass LER, basierend auf dem DASH-Score<sup>5</sup> eine günstigere Ernährung aufweisen, als AER. Diese widersprüchlichen Ergebnisse lassen sich z. T. durch die Anwendung der Indices wie z. B. des HEI-NVS (vgl. Kapitel 3.4) zur Beurteilung der Ernährungsqualität begründen. Bei den zugrunde gelegten Orientierungswerten beim HEI-NVS handelt es sich um absolute Verzehrempfehlungen. Aufgrund der Tatsache, dass LER absolut gesehen eine geringere Zufuhr fast aller Lebensmittelgruppen protokollieren (vgl. Kapitel 4.3.1), erreichen sie für die meisten Lebensmittelgruppen höhere Indexwerte. Außnahmen bilden Fleisch, Alkohol sowie Fette und Öle. Für diese Lebensmittelgruppen

<sup>4</sup> Der ANIBES-DQI wurde auf Basis ausgewählter kritischer Nährstoffe entwickelt. Die protokolierte Nährstoffzufuhr wird mit einem entsprechenden Referenzwert verglichen.

<sup>5</sup> Index zur Beurteilung der Ernährungsqualität: Dietary Approaches to Stop Hypertension.

pen werden im Rahmen des HEI-NVS maximale Zufuhrmengen definiert. Sobald der Orientierungswert nicht überschritten wird, wird die volle Punktzahl vergeben. Daher erreichen LER für diese Lebensmittelgruppen höhere Indexwerte. Ähnliches gilt für den ANIBES-DQI, in welchen die absoluten Vitamin- und Mineralstoffzufuhr einfließen.

### 5.2.4 Auswirkungen Low-energy-reporting auf die Nährstoffversorgung

Die nachfolgend diskutierten Ergebnisse basieren ausschließlich auf Verzehrerhebungen und der Gegenüberstellung der protokollierten Zufuhr mit den D-A-CH-Referenzwerten. Sie lassen keine Schlussfolgerungen hinsichtlich der tatsächlichen Versorgungslage bzw. des Nährstoffstatus zu. Werden die Referenzwerte unterschritten, ist die Wahrscheinlichkeit einer Unterversorgung erhöht. Ein Rückschluss auf einen tatsächlichen Mangel kann damit aber nicht gezogen werden. Hierfür wären biochemische Blut- und Urinparameter nötig. Weiterhin gilt es zu berücksichtigen, dass alle Methoden zur Ernährungserhebung, so auch das Ernährungsprotokoll, lediglich eine Annäherung an die tatsächlichen Verzehrgewohnheiten darstellen. Damit können sich auch für AER Unterschiede zur gewöhnlichen Ernährung ergeben.

Aufgrund der Tatsache, dass LER eine nicht plausible, zu geringe EI protokollieren, ist es nachvollziehbar, dass LER im Vergleich zu AER absolut gesehen signifikant weniger (energieliefernde) Makronährstoffe zuführen, wie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit (vgl. Kapitel 4.4.1) sowie von POSLUSNA et al. (2009) und RAVELLI et al., (2018) zeigen. Ebenso ist es nachvollziehbar, dass dieser Effekt vom Geschlecht abhängig ist, da Männer aufgrund einer höheren Muskelmasse i. d. R. einen höheren Energieverbrauch (vgl. BUCHHOLZ et al., 2001) und folglich eine höhere Energiezufuhr aufweisen als Frauen. Wird allerdings die Zufuhr der Makronährstoffe in Energieprozent betrachtet und damit für die rEI adjustiert, ist kein Geschlechtereffekt mehr zu beobachten.

In Übereinstimmung mit anderen Studien konnte gezeigt werden, dass LER mehr Energie aus Proteinen zuführen als AER (vgl. u. a. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; LUTOMSKI et al., 2010; POSLUSNA et al., 2009). Dies kann u. a. auf den, im Verhältnis zur Energiezufuhr, höheren Fleischkonsum von LER zurückgeführt werden (vgl. Kapitel 4.3.1). Weniger konsistent ist die Studienlage hinsichtlich der Energiezufuhr aus Fetten (vgl. POSLUSNA et al., 2009; Tabelle 9). Hier stützen die vorliegenden Daten die Hypothese, dass LER tendenziell weniger Energie aus Fetten protokollieren. Die protokollierte Fettqualität wurde bislang selten untersucht. Während BANNA et al. (2015) keine Unterschiede im Konsum von SFA von Personen mit einer plausiblen im Vergleich zu Personen mit einer nicht plausiblen EI feststellen, führen die LER des vorliegenden Studienkollektivs im Vergleich zu AER weniger Energie über SFA und dafür mehr Energie über PUFA zu. Allerdings muss hier beachtet werden, dass BANNA et al. (2015) HER und LER zusammen betrachten und AER gegenüberstellen sowie die Tatsache, dass die Autoren keine signifikanten Unterschiede in der Energiezufuhr aus Fetten beobachten konnten. Gleichwohl die Autoren zweier Reviews schlussfolgern, dass die Studienergebnisse zur Zufuhr von Kohlenhydraten nicht eindeutig sind, kommt ein Großteil der von ihnen eingeschlossenen Studien zu dem Ergebnis, dass keine Unterschiede zwischen LER und AER bestehen (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; POSLUSNA et al., 2009). Diese Ergebnisse werden durch weitere Studien (BANNA et al., 2015; RASMUSSEN et al., 2006; YANNAKOULIA et al., 2007) sowie durch die vorliegende Arbeit

bestärkt. Insgesamt sind die Unterschiede, die sich zwischen LER und AER hinsichtlich der Makronährstoffzufuhr ergeben aber nicht so groß, dass sich die Nährstoffrelation über die gesamte Population hinweg ändern würde.

Werden die Ergebnisse zur Makronährstoffzufuhr mit den D-A-CH-Referenzwerten verglichen, wird deutlich, dass sich ein Ausschluss der LER nur sehr geringfügig auf den Median für die Kohlenhydrat- und Fettzufuhr auswirkt und auch der Anteil der Personen, die außerhalb der Richtwerte liegen, unterscheidet sich nicht signifikant zwischen LER und AER. Allerdings konnte die vorliegende Arbeit zeigen, dass 79,7 % der männlichen und 84,7 % der weiblichen LER die empfohlene Zufuhr für die Proteinzuhr unterschreiten. Werden ausschließlich Personen mit einer plausiblen Energiezuhr betrachtet, sinkt dieser Anteil auf 19,3 % bei den Männern und auf 25,6 % bei den Frauen. Grundsätzlich handelt es sich bei Protein aber um keinen kritischen Nährstoff, sodass im Median die empfohlene Zufuhr für Protein sowohl durch AER als auch durch die gesamte Population einschließlich LER erreicht wird.

Aufgrund der starken Korrelation zwischen der gesamten Energie- und Mikronährstoffzufuhr liegt es nahe, dass AER aufgrund der höheren Energiezuhr absolut mehr Mikronährstoffe zuführen (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003; POSLUSNA et al., 2009; Tabelle 9). Die mediane Mikronährstoffzufuhr von LER liegt dabei um bis zu 36 % unterhalb der Zufuhr von AER. Ähnliche Größenordnungen konnten POSLUSNA et al. (2009) in ihrem Review zusammentragen. Aus diesen Beobachtungen resultieren auch die z. T. erheblichen Unterschiede zwischen LER und AER in dem Anteil derer, die die Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr nicht erreichen (bis zu 53 Prozentpunkte - 73 % der männlichen LER und 20 % der AER erreichen die Empfehlungen für die Zinkzuhr nicht). So kommt es durch Low-energy-reporting zu einer Überschätzung der Prävalenzen mit einer nichtadäquaten Mikronährstoffzufuhr. Das Ausmaß dieser Überschätzung zeigt sich in einem Vergleich der gesamten Studienpopulation mit AER. Größere Unterschiede um bis zu 10 Prozentpunkte werden für Thiamin, Vitamin B<sub>12</sub>, Vitamin C (nur Frauen), Zink und Eisen (nur Männer) beobachtet. Die geschlechtsspezifischen Unterschiede im Hinblick auf die Versorgung mit Vitamin C und Eisen sind auf die unterschiedlichen Zufuhrempfehlungen für Männer und Frauen zurückzuführen. So haben beispielsweise Frauen durch höhere Eisenverluste aufgrund der Menstruation einen höheren Eisenbedarf und entsprechend sind die Zufuhrempfehlungen für sie deutlich höher (vgl. DGE et al., 2018). Da viele Frauen, auch mit einer plausiblen Energiezuhr, diese Empfehlungen nicht erreichen, sind die Unterschiede zwischen der gesamten Population und einer ausschließlichen Betrachtung von AER eher gering (93,2 % und 91,5 %). Bezogen auf die Gesamtenergiezuhr gilt für die meisten Vitamine und Mineralstoffe, dass die Ernährung von LER nährstoffdichter ist und bekräftigen damit die Ergebnisse aus der Literatur (vgl. LUTOMSKI et al., 2010).

Eine ausgewogene und vollwertige, pflanzenbetonte Ernährung entsprechend den lebensmittelbasierten Empfehlungen der DGE (2016) kann grundsätzlich (mit Ausnahme von Risikogruppen) eine ausreichende Nährstoffzufuhr (mit Ausnahme von Jod) gewährleisten. Dennoch werden viele angebotene Lebensmittel, insbesondere Fruchtsäfte und Cerealien, mit zahlreichen Vitaminen und Mineralstoffen angereichert. Auch wenn Sie eine unausgewogene Ernährung nicht ausgleichen können, leisten sie ebenso einen Beitrag zur Nährstoffversorgung und sollten in entsprechenden Analysen berücksichtigt werden. In der vorliegenden Untersuchung wurde der aktuelle BLS 3.02

zur Berechnung der Nährstoffzufuhr herangezogen. Im Gegensatz zur vorherigen Version II.3 wurden hier mit Vitaminen und Mineralstoffen angereicherte Lebensmittel wie Fruchtsäfte, Cerealien oder Sojadinks und -joghurts aufgenommen. Die Mikronährstoffzufuhr über zusätzliche Nahrungsergänzungsmittel wurde hingegen nicht betrachtet. Es kann angenommen werden, dass hierdurch sowie durch nicht im BLS berücksichtigte angereicherte Lebensmittel, die Zufuhr von einzelnen Mikronährstoffen wie z. B. Folat unterschätzt wird.

### 5.3 Einfluss der Methoden zur Identifikation von und zum Umgang mit Misreporting

Vorangegangen wurden die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung denen anderer Arbeiten gegenübergestellt und diskutiert. Es wurde gezeigt, dass die Studienlage zum Misreporting sehr heterogen ist und die Ergebnisse nicht immer konsistent sind. Ursächlich hierfür sind zum einen die unterschiedlichen Erhebungsmethoden, die zur Erfassung der EI eingesetzt werden (vgl. Kapitel 5.2.1). Darüber hinaus wird in den Studien der EE über verschiedene Gleichungen geschätzt und eine objektive Erfassung der körperlichen Aktivität ist nicht immer gegeben (vgl. Kapitel 5.1). Letztendlich hat auch die gewählte Methodik zur Identifikation von Misreporting einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse ebenso wie der anschließende (statistische) Umgang damit (vgl. Kapitel 2). Nachfolgend wird diskutiert, wie die unterschiedlichen Methoden die Ergebnisse im Zusammenhang mit Misreporting beeinflussen.

In Kapitel 5.1 wurden bereits die verschiedenen Gleichungen zur Schätzung des EE dargestellt und deren Entstehung erläutert. Da gezeigt wurde, dass die Berechnung nach Schofield den BMR überschätzt (vgl. HENRY, 2005), haben einige Autoren den Einfluss unterschiedlicher Schätzgleichungen, unter Verwendung des Goldberg-Cut-offs, auf die Identifikation von Misreporting untersucht (vgl. DE SOUZA et al., 2015; MENDEZ et al., 2011; MURAKAMI et al., 2018; VANRULLEN et al., 2014). Werden regionsspezifische Schätzgleichungen zur Berechnung eingesetzt, sinkt die Prävalenz für LER und gleichzeitig steigt der Anteil an HER. Dies trifft ebenso für die Verwendung der Oxford-Gleichung zu (vgl. Tabelle 29). In der vorliegenden Untersuchung wurde zum einen die Oxford- und zum anderen die Müller-Gleichung für die Berechnung des EE herangezogen und miteinander verglichen. Gegenüber der Oxford-Gleichung steigt die Prävalenz für LER und der Anteil an HER wird kleiner, wenn die Berechnung über die Müller-Gleichung erfolgt.

In weiteren Studien wurden LER sowohl über den Goldberg-Cut-off als auch über den Huang-Ansatz identifiziert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 29 dargestellt. Während in der vorliegenden Arbeit sowie in der Publikation von MURAKAMI UND LIVINGSTONE (2015) die Prävalenz von LER unter Verwendung des Goldberg-Cut-offs kleiner ist als bei dem Huang-Ansatz, zeigen die Arbeiten von MENDEZ et al. (2011) und MURAKAMI et al. (2018) den umgekehrten Fall. Wobei dies für letztere nur für die Verwendung der Schofield-Gleichung zutrifft. Wird zur Berechnung des EE die regionsspezifische Gleichung angewandt, ist auch hier der Anteil an LER kleiner im Vergleich zum Huang-Ansatz. Konsistent sind die Ergebnisse hinsichtlich des höheren Anteils HER, die über den Huang-Ansatz identifiziert werden. Im Einklang mit den in Tabelle 29 gegenübergestellten Studien, zeigt GARRIGUET (2008a), dass im Vergleich zum Goldberg-Cut-off über den Huang-Ansatz weniger Personen als AER klassifiziert werden: 54 % über

den Huang-Ansatz und 57 % über den Goldberg-Cut-off. Zu beachten ist, dass bei der Anwendung des Huang-Ansatzes 1 SD für die Berechnung der Grenzwerte empfohlen wird, damit nicht nur extreme Misreporter identifiziert werden. Für einen Vergleich wurde der Plausibilitätsbereich allerdings für 2 SD berechnet (vgl. Kapitel 4.1 und Tabelle 18).

**Tabelle 29:** Gegenüberstellung von Methoden zur Identifikation von Misreporting – Vergleich der Prävalenzen

Autoren	Jahr	Ansatz nach	Berechnung EE	Prävalenz LER (m/w)	Prävalenz HER (m/w)
vorliegende Untersuchung	2019	Goldberg	Oxford	20,1 %	0,8 %
		Goldberg	Müller	21,7 %	0,7 %
		Huang	IOM	23,6 %	4,0 %
		Huang	Müller	24,1 %	3,6 %
de Souza et al.	2015	Goldberg	Schofield	72,6 % / 80,4 %	nicht untersucht
		Goldberg	Anjos	55,6 % / 66,1 %	nicht untersucht
Mendez et al.	2011	Willet	-	nicht angegeben	nicht angegeben
		Goldberg	Schofield	14,7 % / 21,7 %	5,9 % / 4,8 %
		Goldberg	Mifflin	9,1 % / 14,4 %	10,5 % / 9,2 %
		Huang	IOM	7,7 % / 12,0 %	21,2 % / 17,9 %
Murakami und Livingstone	2015	Goldberg	Schofield	25,1 %	1,4 %
		Huang	IOM	25,7 %	2,5 %
Murakami et al.	2018	Goldberg	Schofield	6,3 %	0,4 %
		Goldberg	Miyake	3,2 %	2,0 %
		Huang	IOM	6,0 %	1,2 %
Rhee et al.	2015	Willet	-	0,1 %	0,9 %
		Goldberg	Schofield	22,4 %	8,9 %
		Huang	IOM	20,3 %	13,5 %
Vanrullen et al.	2014	Goldberg	Schofield	26,7 % / 27,3 %	nicht untersucht
		Goldberg	Oxford	23,9 % / 22,9 %	nicht untersucht

Unabhängig von der gewählten Methode oder der eingesetzten Gleichung zur Berechnung des Energieverbrauchs zeigen die in Tabelle 29 dargestellten Arbeiten, dass der BMI der stärkste Prädiktor für Misreporting ist. Für andere Einflussfaktoren wie das Alter, das Geschlecht oder der sozioökonomische Status sind die Ergebnisse inkonsistent. In der vorliegenden Arbeit ist unter Verwendung des Huang-Ansatzes der Einfluss des Geschlechts sowie der körperlichen Aktivität nicht mehr signifikant. Im Einklang mit den dargestellten Ergebnissen aus Kapitel 4.3.1 sind die Effekte von Misreporting auf den Lebensmittelverzehr zwischen den gewählten Methoden miteinander vergleichbar (vgl. MENDEZ et al., 2011; RHEE et al., 2015).

Die oben aufgeführten Methoden zur Identifikation von Misreporting beziehen allesamt individuelle Größen der Teilnehmenden mit ein. Demgegenüber empfiehlt WILLET (2013), lediglich Personen mit einer extrem niedrigen oder hohen protokollierten Energiezufuhr von weiteren Analysen auszuschließen (vgl. Kapitel 2.1). MENDEZ et al.

(2011) untersuchten in ihrer Arbeit den Einfluss von Ernährungsfaktoren auf das Körpergewicht unter Berücksichtigung verschiedener Methoden zur Identifikation von Misreporting einschließlich der Empfehlung von WILLETT (2013). Während sich die Ergebnisse durch den Ausschluss von extremen LER und HER nicht signifikant vom Ausgangsmodell unterschieden, zeigten sich deutliche Unterschiede bei Anwendung des Goldberg-Cut-offs bzw. des Huang-Ansatzes. Diese Ergebnisse konnten auch durch RHEE et al. (2015) reproduziert werden. Darüber hinaus untersuchten sie in einer Längsschnittstudie aber auch, inwiefern sich ein Ausschluss von LER und HER auf Zusammenhänge zwischen Ernährungsfaktoren und die Gewichtsveränderung über vier Jahre hinweg auswirkt. Hier zeigen sich keine Unterschiede zwischen den gewählten Methoden zur Identifikation von Misreporting. Unter Berücksichtigung, dass der Misreporting-Status in der Arbeit von RHEE et al. (2015) zu Studienbeginn erhoben wurde und sich über die Zeit ändern kann, scheinen Längsschnittdaten robust gegenüber Misreporting zu sein (vgl. MENDEZ et al. 2015). Aus dem vorliegenden Studienkollektiv wären durch dieses Vorgehen lediglich zwei LER und vier HER identifiziert worden, wodurch weitere Analysen zu den Eigenschaften sowie zur Lebensmittelauswahl nicht möglich gewesen wären und damit das Ziel der Arbeit nicht erreicht werden können.

Nachdem Personen mit einer nicht plausiblen Energiezufuhr identifiziert sind, gilt es zu entscheiden, wie in den weiteren Analysen mit diesen Erkenntnissen umgegangen werden soll. Wie bereits in der vorliegenden Arbeit gezeigt (vgl. Kapitel 2.4.2 und Kapitel 4.2), weisen Misreporter spezifische soziodemografischen Eigenschaften auf, die AER nicht besitzen. Wird diese Personengruppe nun ohne Weiteres aus dem Studienkollektiv entfernt und nicht weiter betrachtet, sind die gewonnenen Ergebnisse nicht mehr auf die gesamte Population übertragbar (vgl. JESSRI et al., 2016). Darüber hinaus reduziert sich durch einen Ausschluss die statistische Power der Tests (vgl. JESSRI et al., 2016; TOOZE et al., 2012; TOOZE et al., 2016) und es können weitere potentielle Störgrößen in das Datenset importiert werden (BANNA et al., 2017; GIBSON, 2005; POSLUSNA et al. 2009). Aufgrund dessen empfehlen einige Autoren, darunter auch die EFSA, die Analysen mit und ohne LER durchzuführen (vgl. BANNER et al., 2017; EFSA, 2004; POSLUSNA et al., 2009) bzw. für die rEI oder für das Misreporting zu adjustieren (vgl. JESSRI et al., 2016; TOOZE et al., 2016). Auf diese Weise wird es dem Leser ermöglicht, den Einfluss der Methode selbst zu interpretieren (vgl. BANNA et al., 2017). Eine Adjustierung für den Reporting-Status mündet zum einen in konsistenten Ergebnissen - im Vergleich zum Ausschluss von LER - und hat zum anderen den Vorteil, dass alle Teilnehmenden in die Analysen eingeschlossen werden können (vgl. MENDEZ et al., 2011; JESSRI et al., 2016). Allerdings können hierdurch weder Fehler, welche durch selektives Weglassen von Lebensmitteln entstehen, eliminiert werden (vgl. BANNA et al., 2017; STALLONE et al., 1997 zitiert nach LIVINGSTONE und BLACK, 2003) noch bietet es Möglichkeiten, die korrekte absolute Nährstoffzufuhr zu erfassen, da Makronährstoffe nicht proportional vom Underreporting betroffen sind (vgl. Kapitel 5.2.2). Erfolgt kein Ausschluss der LER oder Adjustierung sollte zumindest der mittlere TEE oder rEI:TEE angegeben werden, um eine Transparenz der Daten zu gewährleisten (vgl. BANNA et al., 2017).

## 5.4 Stärken und Limitationen der Studie

Für die Interpretation der gewonnenen Ergebnisse ist es wichtig, sich der Stärken und Limitationen der Analysen bewusst zu sein und diese zu bedenken. Nachfolgend werden Aspekte der Repräsentativität und Validität sowie zu den angewandten statistischen Verfahren dargestellt und diskutiert.

### 5.4.1 Repräsentativität und Validität

#### Repräsentativität

Bei der NVS II handelt es sich um eine bundesweit angelegte Querschnittsstudie, deren Grundgesamtheit die in Privathaushalten lebende, deutschsprachige Bevölkerung im Alter von 14 bis 80 Jahren bildet. Hieraus wurden die Studienteilnehmenden in einer zweistufigen nach Gemeinde, Alter und Geschlecht geschichteten Zufallsauswahl rekrutiert (vgl. MRI, 2008a). Für eine Beurteilung der Repräsentativität der so erreichten Stichprobe, wurde die Verteilung von soziodemografischen Merkmalen mit der Verteilung im Mikrozensus 2005 verglichen. Es zeigt sich, dass die NVS II-Studienpopulation ein höheres Bildungsniveau aufweist als der Bundesdurchschnitt. Für andere soziökonomische Merkmale sind die Abweichungen gering. Insgesamt zeigen die Daten eine gute Qualität (vgl. MRI, 2008a). Allerdings wurden für die vorliegende Arbeit lediglich die Wiegeprotokoll-Daten einer repräsentativen Unterstichprobe der NVS-Teilnehmenden ausgewertet (vgl. KREMS et al., 2006). Weiterhin muss in diesem Zusammenhang auch beachtet werden, dass die Teilnahme an solchen Studien immer auf Freiwilligkeit beruht und es in diesem Zuge aufgrund von Non-Response zu Verzerrungen kommen kann (Non-Response Bias). Eine vollumfängliche Repräsentativität kann daher nicht gewährleistet werden. Die Non-Responseanalyse hat gezeigt, dass die NVS II-Teilnehmenden ihren Gesundheitszustand häufiger als „sehr gut“ bis „gut“ einschätzen im Gegensatz zu den Nicht-Teilnehmenden, die diesen häufiger mit „mittelmäßig“ angeben (vgl. MRI, 2008a). Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass Gesundheitsbewusste mit einer höheren Motivation an der Studie teilgenommen haben und dadurch im Studienkollektiv leicht überrepräsentiert sind. Weiterhin wird die Repräsentativität dadurch eingeschränkt, dass lediglich deutschsprechende Personen befragt wurden (vgl. MRI, 2008a). Weiterhin ist zu beachten, dass die analysierten Daten zwischen 2005 und 2007 erhoben wurden und damit mindestens 12 Jahre alt sind. In dieser Zeit hat sich die Sozialstruktur der Bevölkerung ebenso verändert (vgl. GROBECKER et al., 2018; FREITAG und SCHULZ, 2018), wie das Lebensmittelangebot (vgl. HESEKER, 2016) und das Essverhalten (vgl. GOSE et al., 2016). Die Vorbereitung für die Durchführung der NVS III laufen derzeit, sodass es empfehlenswert ist, entsprechende Analysen mit neueren Daten zu wiederholen. In diesem Zusammenhang könnten dann auch Unterschiede im Low-energy-reporting über die Zeit beurteilt werden.

#### Validität

Eine große Stärke der vorliegenden Arbeit ist, dass die zugrundeliegenden Daten über zwei Mal vier Tage Wiegeprotokolle erhoben wurden. Wiegeprotokolle galten lange Zeit als Goldstandard für Verzehrerhebungsmethoden (vgl. GIBSON, 2005; MACDIARMID und BLUNDELL, 1998; STRAßBURG, 2010). Mit steigender Anzahl an Protokolltagen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die gewöhnlichen Ernährungsgewohnheiten erfasst werden (vgl. WILLET, 2013).

Im Gegensatz zum 24-h-Recall haben Ernährungsprotokolle den Vorteil, dass sie nicht vom Erinnerungsvermögen der Teilnehmenden abhängig sind. Allerdings bedarf es einer hohen Motivation seitens der Teilnehmenden. Zudem ist mit steigender Anzahl an Protokolltagen mit einer abnehmenden Compliance zu rechnen (vgl. WILLET, 2013). Weiterhin gehören Ernährungsprotokolle zu den reaktiven Verzehrerhebungsmethoden. Dies bedeutet, dass das Ernährungsverhalten in dieser Zeit angepasst werden kann und möglicherweise weniger oder mehr als gewöhnlich verzehrt wird (Under- bzw. Overeating) (vgl. STRASBURG, 2010). Letztendlich können alle Verzehrerhebungsmethoden lediglich eine Annäherung an den tatsächlichen, gewöhnlichen Verzehr liefern. Sowohl eine kurzfristige Verhaltensänderung (Under- bzw. Overeating) als auch eine nicht plausible Protokollführung (Under- bzw. Overreporting) führen zu systematischen Fehlern und zu Abweichungen von der Wirklichkeit. Dieser letztgenannten Problematik wurde sich in der vorliegenden Arbeit im Speziellen angenommen, woraus Limitationen resultieren.

Limitationen ergeben sich vor allem aus den Schätzgleichungen bzw. dessen Komponenten, die zur Identifikation von Misreporting herangezogen wurden. Hier sei zunächst die Bestimmung des Energieverbauchs genannt. Um diesen in der Bevölkerung unter Alltagsbedingungen objektiv zu messen, ist die DLW-Methode allgemein als Goldstandard anerkannt. Aufgrund des hohen Zeit- und Kostenaufwandes, ist dieses Vorgehen für großangelegte epidemiologische Studien allerdings nicht praktikabel (vgl. PARK et al., 2014) und wurde daher im Rahmen der NVS II nicht durchgeführt. Aufgrund dessen wurden Schätzgleichungen zur Bestimmung des EE eingesetzt. In diese Gleichungen fließen u. a. anthropometrische Kenngrößen wie das Körpergewicht und die Körpergröße ein. Diese wurden in der NVS II durch die Mitarbeitenden nach standardisierten Vorgaben gemessen (vgl. MRI, 2008a). Dies kann als große Stärke gewertet werden, da Selbsteinschätzungen häufig nicht zuverlässig sind und das eigene Körpergewicht oft unterschätzt bzw. zu gering angegeben wird (vgl. CRAIG und ADAMS, 2009; PURSEY et al., 2013). Für die Berechnung des REE kamen u. a. gewichtsgruppen-spezifische Schätzgleichungen von MÜLLER et al. (2004) zum Einsatz. Diese basieren auf einer deutschen Datengrundlage und berücksichtigen damit regionsspezifische Merkmale der Studienpopulation. Anders als etwa über die Schofield-Gleichung kann so der EE zuverlässiger geschätzt werden. BLACK (2000b) zeigt, dass durch die Bestimmung eines individuellen PAL die Sensitivität der Schätzgleichungen zur Bestimmung von Misreporting erheblich verbessert wird. Da im Rahmen der NVS II die körperliche Aktivität nicht objektiv erfasst wurde und die vorliegenden Daten keine hinreichenden Informationen über die körperliche Aktivität der Individuen enthalten, wurde für alle Teilnehmenden entsprechend den Empfehlungen der FAO, WHO und UNU (2001) ein PAL von 1,55 für einen sitzenden Lebensstil angenommen. Infolgedessen wird der EE von sehr aktiven Individuen unterschätzt und sie werden nicht als LER identifiziert. Weiterhin wurden die KI mit 2 SD bestimmt, wodurch lediglich extreme LER identifiziert werden können, obwohl Misreporting in unterschiedlicher Ausprägung auftreten kann. Damit können sich also immer noch LER unter den AER befinden. Grundsätzlich sind die beiden berechneten Cut-offs lediglich zwei Werte, über- und unterhalb dessen die rEI statistisch unwahrscheinlich ist. Ebenso kann im Rahmen dieser Analyse nicht zwischen Undereatern und LER unterschieden werden. Damit werden ebenso Personen als LER klassifiziert, die plausibel protokolliert haben, aber schlichtweg weniger gegessen haben als üblich.

Werden LER für nachfolgende Analysen aus der Studienpopulation ausgeschlossen, sind die gewonnenen Ergebnisse nicht mehr ohne weiteres auf die Grundgesamtheit übertragbar (vgl. JESSRI et al., 2016). Daher wurden die Analysen für das gesamte Studienkollektiv sowie für AER und LER durchgeführt. Als Vorteil kann dabei die relativ große Stichprobenzahl angesehen werden.

Die Beurteilung der übergeordneten Ernährungsqualität erfolgte anhand des HEI-NVS (vgl. WITTING 2015; WITTING und HOFFMANN, 2010) auf Basis der Orientierungswerte der DGE (2016). Eine Unterscheidung hinsichtlich der Qualität der Lebensmittelauswahl innerhalb der Lebensmittelgruppen wäre wünschenswert. So wird beispielsweise bei der Gruppe Getreide und Kartoffeln nicht zwischen Vollkorn- und Auszugsmehlprodukten unterschieden und gesüßte Frühstückscerealien werden nicht differenziert dargestellt. Ebenso kann der Fleischkonsum nicht vom Verzehr von Fleischerzeugnissen und Wurstwaren abgegrenzt werden. Weiterhin wäre eine Ergänzung zum Gehalt an zugesetzten Zuckern erstrebenswert.

Um zuverlässige Daten zum Nährstoffstatus der Bevölkerung zu bekommen, sind biochemische Blut- und Urinparameter nötig. Aus Zeit- und Kostengründen ist eine Blut- oder Urinuntersuchung in großen Querschnittsstudien nur schwer zu realisieren. Eine Verzehrerhebung kann mögliche kritische Nährstoffe aufdecken und einen Überblick über die Versorgungslage der Bevölkerung geben. Zu bedenken ist allerdings, dass hierfür zuverlässige Nährwertdatenbanken notwendig sind und evtl. darin enthaltenen Fehler übertragen können. Darüber hinaus können Lagerungs- und Zubereitungsverluste nicht berücksichtigt werden. Die Verzehrdaten der vorliegenden Arbeit wurden anhand des aktuellen BLS 3.02 bestimmt, welcher im Vergleich zu vorherigen Versionen bereits mit Vitaminen und Mineralstoffen angereicherte Lebensmittel enthält und somit die Versorgung mit Mikronährstoffen ein Stück weit valider wiedergibt.

Insgesamt kann nicht abschließend beurteilt werden, ob die gefundenen und dargestellten Zusammenhänge zwischen einer nicht plausibel protokollierten Energiezufuhr und verschiedenen Charakteristika wahr sind oder ob sie durch die jeweilige Vorgehensweise zur Identifikation von Misreporting hervorgerufen wurden (vgl. MURAKAMI und LIVINGSTONE, 2015).

### 5.4.2 Statistische Tests

Die vorliegenden Daten wurden sowohl über Verfahren der deskriptiven als auch der schließenden Statistik ausgewertet. Die Beschreibung erfolgte anhand ausgewählter Lage- und Streumaße und bietet so einen ersten Überblick über die Verteilung der Daten. Um der schießen Verteilung nicht normalverteilter Daten Rechnung zu tragen, wird hier üblicherweise der Median als Lagemaß verwendet, da dieser im Gegensatz zum arithmetischen Mittel robuster gegenüber Extremwerten ist (vgl. KREINBROCK et al., 2012). Im Fall des Lebensmittelverzehrs würde sich allerdings insbesondere für selten konsumierte Lebensmittel ein Median von 0 ergeben. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit das arithmetische Mittel dargestellt und das zugehörige KI über die Bootstrap-Methode berechnet. Diese ermöglicht die Berechnung von Kennzahlen wie KI, wenn die Verteilung in der Grundgesamtheit unbekannt ist.

Im Weiteren wurden bivariate Analysen (Welch-t-test, Chi-Quadrat-Test) stratifiziert für das Geschlecht und/oder für den Reporting-Status durchgeführt, um beispielsweise Unterschiede in der Prävalenz oder in den soziodemografischen Eigenschaften der Teilnehmenden darzustellen. Durch dieses Vorgehen können allerdings immer nur einzelne Einflussfaktoren untersucht werden. Eine höhere Aussagekraft bekommen die Ergebnisse dann, wenn mehrere Einflussfaktoren parallel betrachtet werden, wie etwa bei der logistischen Regressionsanalyse oder den multiplen Kontrasttests. Ein entscheidender Vorteil dieser Arbeit ist die Anwendung von multiplen Kontrasttests für nicht normalverteilte Daten. Im Gegensatz zum Kruskal-Wallis-Test ermöglichen die Ergebnisse eine Aussage darüber, welche Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden und beziehen diese simultan in die Berechnung ein, sodass es nicht zu einer Verletzung des Fehlers 1. Art kommt.

Wie in Kapitel 5.2 bereits deutlich wurde, kommen verschiedene Studien teilweise zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Frage, welche soziodemografischen Merkmal mit Low-energy-reporting in Verbindung stehen. Diese sind z. T. auf das unterschiedliche Vorgehen sowie auf die verschiedenen statistischen Analysen (logistische Regression, Varianzanalyse, T-Test, Chi-Quadrat-Test etc.) mit ggf. unterschiedlichen Einflussfaktoren in unterschiedlicher Anzahl zurückzuführen (vgl. LIVINGSTONE und BLACK, 2003). Dieser Einfluss wurde auch durch die vorliegende Arbeit dargestellt (vgl. Kapitel 4.1). Bei der Wahl einer geeigneten Analysemethode sind stets die Voraussetzungen der Daten zu beachten sowie die Tatsache, dass multivariate Verfahren durch die Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren eine höhere Aussagekraft besitzen und daher die Realität eher abbilden.

Da es sich bei der NVS II um eine Querschnittsstudie handelt, also um eine Befragung zu einem bestimmten Zeitpunkt, sind grundsätzlich keine Rückschlüsse auf einen kausalen Zusammenhang möglich. Weiterhin muss beachtet werden, dass die Ergebnisse auf Daten der deutschen Bevölkerung beruhen und der REE anhand von populationsspezifischen Schätzgleichungen berechnet wurde. Damit gelten die dargestellten Ergebnisse nur für die deutsche Bevölkerung und können nicht ohne Weiteres auf andere Populationen übertragen werden.

## 6 FAZIT UND AUSBLICK

### Fazit

Die vorliegende Arbeit gibt einen umfassenden Überblick über derzeit angewandte Methoden, um Misreporting zu identifizieren und beschreibt diese anwendungsbezogen. Weiterhin wurde Misreporting erstmals für deutsche Verzehrdaten volumnfassend untersucht und dargelegt, welche Personengruppen ein erhöhtes Risiko für eine nicht plausible Protokollführung aufweisen und inwiefern sich Low-energy-reporting auf die Lebensmittelauswahl sowie auf die Nährstoffversorgung auswirkt. Damit leistet die Studie einen Beitrag zum immer größer werdenden Literaturpool zur Misreporting-Problematik. Bislang fehlen zuverlässige und kosteneffektive Methoden, um den Energieverbrauch in großangelegten Studien zu bestimmen. Daher wurden Schätzmethoden entwickelt, um eine nicht plausible Energiezufuhr festzustellen. Bei der Verwendung solcher Methoden müssen eine Vielzahl von Entscheidungen und Annahmen getroffen werden, wodurch sich die Vorgehensweise zwischen den Studien voneinander unterscheidet und ein direkter Vergleich erschwert wird. Die Ergebnisse spiegeln in gewisser Weise die Wahl der Methode und des gewählten Cut-offs wider. Ziel sollte es daher sein, das Vorgehen zur Identifikation von Misreporting sowie zum Umgang damit zu vereinheitlichen, um so eine gewisse Vergleichbarkeit zwischen den Studien zu gewährleisten. Vor diesem Hintergrund hat die EFSA (2014) in ihrem „Guidance on the EU Menu methodology“ Empfehlungen formuliert und spricht sich für die Verwendung des Goldberg-Cut-offs aus. Speziell für Daten der deutschen Bevölkerung sollte die Berechnung des REE weiterhin über die Müller-Gleichung erfolgen. Um die Sensitivität des Goldberg-Cut-offs zu verbessern, sollte außerdem ein Ziel nationaler Verzehrerhebungen sein, das PAL objektiv zu erfassen.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass durch Übergewicht die Wahrscheinlichkeit für Low-energy-reporting steigt. Ebenso neigen eher Frauen und jüngere Personen aus der Mittelschicht bzw. unteren Mittelschicht dazu, ihr Essverhalten nicht plausibel zu protokollieren. Im Vergleich mit anderen Forschungsergebnissen wird allerdings die Unsicherheit hinsichtlich dieser letzteren Einflussfaktoren (Geschlecht und Alter) deutlich, da häufig nicht konsistente Ergebnisse berichtet werden. Es kann nicht abschließend festgestellt werden, ob diese Faktoren tatsächlich auf Low-energy-reporting einwirken oder ob sie vielmehr durch die angewandte Vorgehensweise zur Identifikation von LER hervorgerufen werden. Dennoch ist es empfehlenswert, die an der Durchführung von Verzehrerhebungen beteiligten Mitarbeitenden für diese Personengruppen zu sensibilisieren und so eine intensivere Einweisung zu ermöglichen.

Zusammen mit den Ergebnissen aus der Literatur konnte gezeigt werden, dass Misreporting nicht zufällig auftritt, sondern spezifische Lebensmittel besonders von Low-energy-reporting betroffen sind. Für die hier analysierten Daten trifft dies u. a. auf Süßigkeiten, Backwaren sowie auf Nüsse und Samen zu und bestätigen damit, dass insbesondere Lebensmittel nicht protokolliert werden, die zucker- und fettreich sind und oft als Zwischenmahlzeit oder Snack verzehrt werden. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist allerdings stets zu beachten, dass nicht zwischen Underreporting und Undereating unterschieden werden kann.

Misreporting hat einen signifikanten Einfluss auf die Beurteilung der Nährstoffversorgung. Aufgrund der Tatsache, dass LER insgesamt eine geringere EI protokollieren, ist auch die absolute Makro- und Mikronährstoffzufuhr reduziert. Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, dass die Mikronährstoffzufuhr von LER um bis zu 36 % unterhalb der Zufuhr von AER liegt. Diese Unterschiede verdeutlichen die Wichtigkeit Misreporting in den Blick zunehmen, da es andernfalls zu einer Überschätzung des Anteils derer, die die Empfehlungen nicht erreichen, kommen kann. Nicht zuletzt kann dies wiederum Analyseergebnisse zum Zusammenhang zwischen der Nährstoffzufuhr und verschiedenen Outcome-Parametern verzerrn. Allerdings wird grundsätzlich empfohlen im Zuge der Auswertungen für Misreporting zu adjustieren und die Personengruppe nicht ohne Weiteres aus den Analysen auszuschließen. Soll die Nährstoffversorgung der Bevölkerung beurteilt werden, sollten alle Analysen mit und ohne LER durchgeführt und deren Ergebnisse dargestellt werden.

## Ausblick

Misreporting ist ein sehr komplexes Phänomen, dem viele verschiedene Ursachen zu Grunde liegen und welches weitreichende Folgen für die Schlussfolgerungen, welche auf Grundlage von Verzehrdaten getroffen werden, haben kann. Grundsätzlich kann dieser Problematik auf zwei Wegen begegnet werden: Es kann für Misreporting im Zuge der Datenauswertung adjustiert werden oder es können bereits vor der Datenerhebung präventive Maßnahmen getroffen werden, um Misreporting zu vermeiden. Die Erkenntnisse aus Studien zu Misreporting können helfen, diesen Prozess besser zu verstehen und daraus (statistische) Methoden zur Adjustierung bzw. zur Korrektur von Ernährungserhebungen abzuleiten (vgl. LANKESTER et al., 2014; TRIJSBURG et al., 2016). Um die gewöhnliche Nahrungszufuhr zuverlässiger zu erfassen, werden seit einiger Zeit statistische Verfahren entwickelt und angewandt, bei denen ein FFQ mit einem 24h-Recall kombiniert wird (NCI-Methode und Multiple Source Methode) (vgl. CONRAD und NÖTHLINGS, 2017). Weiterhin kann die Entwicklung neuer und zuverlässiger Ernährungserhebungsmethoden dazu beitragen, Misreporting bereits im Vorfeld zu minimieren. Dabei zeigen insbesondere die Entwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie großes Potential. Beispielsweise können traditionelle Verzehrerhebungsmethoden wie 24h-Recalls durch Fotoaufnahmen ergänzt oder im Falle von Ernährungsprotokollen auch vollends ersetzen werden (vgl. CASTRO-QUEZADA et al., 2015). Studien hierzu zeigen, dass solche technischen Innovationen die Genauigkeit der erhobenen Daten signifikant verbessern und Misreporting dadurch reduziert werden kann (vgl. BOUSHY et al., 2017; GEMMING et al., 2015). Gerade der Einsatz von Smartphones ist leichter in den Alltag zu integrieren, verringert die Belastung und wird daher im Vergleich zu herkömmlichen Methoden durch die Teilnehmenden bevorzugt (vgl. BOUSHY et al., 2017; KNIES, 2015). Damit steigt auch die Motivation, insbesondere von Kindern und Jugendlichen, an Verzehrerhebungen teilzunehmen (vgl. KNIES, 2015; WILLET, 2013). Durch die größere Compliance sinkt folglich das Risiko für eine nicht plausible Protokollführung und gleichzeitig ist eine geringere Verzerrung durch Nicht-Teilnahme zu erwarten (vgl. KNIES, 2015). Bislang wurden entsprechende neue Verzehrerhebungsmethoden eher in kleinen Studienkollektiven eingesetzt (vgl. BOUSHY et al., 2017; SCHEMBRE et al., 2018). Daher sollte es ein Ziel sein, diese Methoden dahingehend weiterzuentwickeln und zu validieren, dass sie auch für große nationale Verzehrerhebungsstudien anwendbar sind. Ebenso entsteht

durch die schnelle Entwicklung in den neuen Technologien das Potential, künftig auch in großangelegten epidemiologischen Studien die körperliche Aktivität objektiv mithilfe von tragbaren Sensoren oder Smartphones kostengünstig zu erfassen (vgl. BORT-ROIG et al., 2014; DOUMA et al., 2018). Allerdings fehlen hierzu bislang umfassende Validierungsstudien.

Im Hinblick auf die Durchführung und Auswertung der NVS III sollte die körperliche Aktivität, wenn auch über einen Fragebogen, so erfasst werden, dass sich daraus ein individuelles PAL der Teilnehmenden ableiten lässt. Weiterhin wird empfohlen, in den Analysen für Misreporting zu adjustieren bzw. alle Auswertungen mit und ohne LER darzustellen. Weiterhin ließe sich im Zuge der Auswertungen der neuen Daten der NVS III untersuchen, wie sich der Anteil an LER im Zeitverlauf entwickelt hat. Eine Zunahme von Misreporting könnte ein Hinweis auf den steigenden Einfluss psychosozialer Faktoren wie z. B. soziale Erwünschtheit oder Unzufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht sein. Ebenso kann sich eine Optimierung der Verzehrerhebungsmethode in einer geringeren Prävalenz für Misreporting äußern.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Ernährungserhebungen ermöglichen es, das Essverhalten von Populationen zu beschreiben, deren Ernährungszustand abzuschätzen sowie Zusammenhänge zwischen Ernährung und Gesundheit aufzudecken. Darüber hinaus bilden insbesondere nationale Verzehrerhebungen die Grundlage zur Planung von Präventions- bzw. Interventionsprogrammen. Daher ist es wichtig, zuverlässige Daten zum Ernährungsverhalten zu erheben. Ein häufiges Problem, welches in diesem Zusammenhang auftritt und zu systematischen Verzerrungen führt, ist das sogenannte Misreporting (Over- und Underreporting). In großangelegten epidemiologischen Studien ist es nicht praktikabel, die Validität der rEI über DLW zu bewerten, da hohe Kosten für die Analysen entstehen. Aufgrund dessen wurden zur Identifikation von Misreporting statistische (Schätz-)Methoden entwickelt. Die Gründe für Misreporting sind vielfältig. Neben einer allgemeinen geringen Compliance und Motivation seitens der Teilnehmenden an Verzehrerhebungen teilzunehmen, spielen auch psychosoziale Faktoren wie die Unzufriedenheit mit dem eigenen Körpergewicht oder soziale Erwünschtheit eine Rolle. Insbesondere bei retrospektiven Verzehrerhebungsmethoden ist es möglich, dass sich an verzehrte Lebensmittel nicht erinnert wird oder Portionsgrößen falsch eingeschätzt werden. In internationalen Querschnittsstudien wurde bereits untersucht, wodurch sich LER charakterisieren, welche Lebensmittelgruppen besonders von Misreporting betroffen sind und welche Auswirkungen dies auf die Nährstoffversorgung hat. Eine umfassende Untersuchung von Misreporting für die deutsche Bevölkerung wurde bislang nicht durchgeführt. Daher war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, Misreporting und insbesondere Low-energy-reporting basierend auf den Wiegeprotokolldaten der NVS II zu identifizieren und LER hinsichtlich ihrer soziodemografischen Merkmale zu beschreiben. Weiterhin galt es zu untersuchen, ob bestimmte Lebensmittelgruppen besonders von Low-energy-reporting betroffen sind und welchen Einfluss dies, auch unter Berücksichtigung definierter Ernährungsmuster, auf die Nährstoffzufuhr der Bevölkerung hat.

Die Wiegeprotokolle von 943 Jugendlichen und Erwachsenen der NVS II bildeten die Datengrundlage für die vorliegende Arbeit. Um Misreporting über Schätzmethoden zu identifizieren, werden in der Literatur verschiedene Ansätze und Vorgehensweisen diskutiert. Hieraus wurden zunächst vier verschiedene Ansätze ausgewählt und angewandt. Unterschiede im Lebensmittelverzehr zwischen LER und AER wurden zum einen absolut untersucht und zum anderen für die Energiezufuhr adjustiert. Anhand des HEI-NVS wurde die Ernährungsqualität der Teilnehmenden bestimmt. Darüber hinaus erfolgte eine Einteilung in Ernährungsmuster nach Verarbeitungsgrad der verzehrten Lebensmittel. Die Nährstoffversorgung wurde mit den D-A-CH-Referenzwerten verglichen.

Die Prävalenzen für Misreporting variierten in Abhängigkeit der angewandten Vorgehensweise zur Identifikation von Misreporting (20,1 % bis 24,1 %). Die geringsten Prävalenzen für Low-energy-reporting zeigten sich durch den Goldberg-Cut-off mit der Oxford-Gleichung zur Berechnung des ER, die höchsten Prävalenzen wurden durch den Huang-Ansatz mit der Müller-Gleichung ermittelt. Für die weiteren Analysen wurden die Ergebnisse des Goldberg-Cut-offs sowie des Huang-Ansatzes mit der Müller-Gleichung zugrunde gelegt. Die logistische Regressionsanalyse ergab, dass Frauen im Vergleich zu Männern eine um das 1,5-fach höhere Wahrscheinlichkeit für Misreporting aufweisen. Weiterhin war Misreporting mit den jüngsten Altersgruppen (bis 34 Jahre) und einem niedrigeren

Schichtindex assoziiert. Im Vergleich zu Normalgewichtigen stieg die Wahrscheinlichkeit für Misreporting bei Präadipositas und Adipösen um das zwei bzw. fünffache. Unter Verwendung des Huang-Ansatzes war der Einfluss des Geschlechts nicht mehr signifikant. LER protokollierten im Verhältnis zur Energiezufuhr weniger Backwaren, Nüsse und Samen, Süßigkeiten, tierische Fette sowie Bier, Wein und Sekt. Für Männer kam ein geringerer Verzehr von Milch und Milchmischgetränken hinzu und weibliche LER verzehrten weniger Obstzeugnisse, Fruchtsäfte und Nektare. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit den Analysen unter Verwendung des Huang-Ansatzes. LER und HER unterschieden sich hinsichtlich der Ernährungsqualität (HEI-NVS): der Anteil derjenigen mit einer ungünstigen Ernährungsweise war unter den AER signifikant kleiner. Durch Anwendung des Huang-Ansatzes waren diese Ergebnisse für Männer nicht mehr signifikant. Absolut betrachtet war die Makro- und Mikronährstoffzufuhr sowie die Ballaststoffzufuhr von LER im Vergleich zu AER signifikant kleiner. Nach Adjustierung für die Energiezufuhr war die Ernährung der LER (für die meisten Mikronährstoffe) nährstoffdichter. Weiterhin zeigten LER im Vergleich zu AER eine signifikant höhere Energiezufuhr aus Proteinen. Die Qualität der verzehrten Fette unterschied sich dahingehend, dass LER signifikant weniger Energie aus SFA protokollieren. Der Anteil derer, die die D-A-CH-Referenzwerte für die verschiedenen Mikronährstoffe nicht erreichen, war unter den LER im Vergleich zu den AER signifikant höher.

Insgesamt ist die Studienlage zu Misreporting sehr heterogen und die Ergebnisse sind z. T. nicht konsistent, da bislang keine einheitlichen Methoden oder Kriterien zur Identifikation sowie zum Umgang mit Misreporting in epidemiologischen Studien zum Einsatz kommen. So zeigt sich eine erhebliche Spannweite für die Prävalenz von Misreporting (3,2 % bis 43,1 %). Der stärkste Prädiktor für Misreporting ist ein hohes Körpergewicht. Weitere Einflussfaktoren stellen das Alter, das Geschlecht und der sozioökonomische Status dar. Während in dieser und anderen Arbeiten Low-energy-reporting mit Frauen und jüngeren Personen aus der (unteren) Mittelschicht assoziiert ist, kommen andere Studien zu gegenteiligen Ergebnissen. Die vorliegende Arbeit bestätigt die Ergebnisse aus der Literatur, dass ein selektives Underreporting von Lebensmitteln, die aufgrund ihres hohen Fett- und Zuckergehaltes eher als „ungesund“ gelten und häufig als Zwischenmahlzeit oder Snacks verzehrt werden, stattfindet.

Durch Low-energy-reporting kommt es zu einer Überschätzung der Prävalenz einer nichtadäquaten Mikronährstoffzufuhr. Denn zum einen liegt die mediane Mikronährstoffzufuhr von LER um bis zu einem Drittel unterhalb der Zufuhr von AER und zum anderen bestehen z. T. erhebliche Unterschiede zwischen LER und AER hinsichtlich des Anteils derer, die die Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr nicht erreichen. Daher ist es wichtig Misreporting in ernährungsepidemiologischen Untersuchungen zu berücksichtigen.

Um die Vergleichbarkeit zwischen den Studien zu erhöhen, ist es in Zukunft wünschenswert, dass sich bei den Auswertungen von nationalen Verzehrerhebungen an den Empfehlungen der EFSA zur Identifikation von und zum Umgang mit Misreporting orientiert wird und die Analyse mit und ohne LER durchgeführt werden. Weiterhin ist eine objektive Erfassung der körperlichen Aktivität empfehlenswert, um die Sensitivität der Schätzmethoden zu verbessern. Oberstes Ziel der Forschung sollte es allerdings sein, Misreporting schon bei der Erhebung zu minimieren. Sowohl zur objektiven Messung der körperlichen Aktivität, als auch im Hinblick auf eine Reduktion des Misreportings, zeigen die Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien großes Potential.

## 8 KURZFASSUNG - ABSTRACT

### *Kurzfassung*

**Hintergrund:** Ein weit verbreitetes Problem, welches im Zusammenhang mit Ernährungserhebungen auftritt und zu systematischen Verzerrungen führt, ist das sogenannte Misreporting. Um diesem Problem in groß angelegten ernährungsepidemiologischen Studien zu begegnen und LER zu identifizieren, wurden verschiedene statistische (Schätz-)Methoden entwickelt. Ziel der vorliegenden Studie war es, Misreporting zu identifizieren und LER hinsichtlich ihrer soziodemografischen Merkmale zu beschreiben. Weiterhin sollte untersucht werden, ob bestimmte Lebensmittelgruppen besonders von Low-energy-reporting betroffen sind und welchen Einfluss dies auf die Nährstoffzufuhr der Bevölkerung hat.

**Methoden:** Datengrundlage bilden 943 Wiegeprotokolle der NVS II. Anhand verschiedener Schätzgleichungen wurden LER identifiziert. Unterschiede im Lebensmittelverzehr wurden absolut und adjustiert für die Energiezufuhr untersucht. Die Nährstoffversorgung wurde mit den D-A-CH-Referenzwerten verglichen.

**Ergebnisse:** Die Prävalenz für Misreporting war abhängig von der angewandten Vorgehensweise zur Identifikation von Misreporting. Unter Verwendung des Goldberg-Cut-offs mit der Müller-Gleichung stieg die Wahrscheinlichkeit für Low-energy-reporting durch Übergewicht. Ebenso neigten eher Frauen und jüngere Personen aus der Mittelschicht bzw. unteren Mittelschicht dazu, ihr Essverhalten nicht plausibel zu protokollierten. LER protokollierten im Verhältnis zur Energiezufuhr weniger Backwaren, Nüsse und Samen, Süßigkeiten, tierische Fette sowie Bier, Wein und Sekt. LER hatten eine höhere Energiezufuhr aus Proteinen und absolut betrachtet war die Makro- und Mikronährstoffzufuhr sowie die Ballaststoffzufuhr von LER signifikant kleiner. Nach Adjustierung für die protokollierte Energizufuhr war die Ernährung der LER (für die meisten Mikronährstoffe) allerdings nährstoffdichter. Der Anteil derer, die die D-A-CH-Referenzwerte für die verschiedenen Mikronährstoffe nicht erreichen, war unter den LER signifikant höher.

**Fazit:** Da in Studien zu Misreporting unterschiedliche Methoden zur Identifikation sowie zum Umgang mit LER angewandt werden, sind die Ergebnisse sind z. T. nicht konsistent. Dass Misreporting mit einem höheren Körpergewicht assoziiert ist und, dass überproportional fett- und zuckerreiche Lebensmittel betroffen sind, wird durch viele Studien bestätigt. Ebenso zeigen mehrere Studien, dass es durch Low-energy-reporting zu einer Überschätzung einer nichtadäquaten Mikronährstoffzufuhr kommt. Für künftige Studien ist es sinnvoll einheitliche Standards zur Identifikation von Misreporting, wie sie durch die EFSA formuliert werden, anzuwenden, die körperliche Aktivität objektiv zu erfassen und vor allem Misreporting zu minimieren. Hierzu kann das Potential der Informations- und Kommunikationstechnologie genutzt werden.

### *Abstract*

**Background:** A common problem that occurs in context of nutrition surveys and leads to systematic bias is misreporting. In order to address this problem in large-scale nutritional epidemiological studies and to identify LER, various statistical (estimation) equations were developed. The aim was to identify misreporting and to describe LER with regard to its sociodemographic characteristics. Furthermore, it should also be examined whether certain food groups are more affected by low-energy reporting and how this affects the nutrient intake of the population.

**Methods:** The investigation was based on 943 weighed food records of the NVS II. LER were identified by various estimation equations. Differences in food consumption were investigated absolute and energy adjusted. The nutrient intake was compared with the D-A-CH reference values.

**Results:** The prevalence of misreporting depends on the approach used to identify misreporting. Using the Goldberg-Cut-off with the Müller-Equation, low-energy-reporting is associated with women, the youngest age groups, a low socio-economic status and obesity. LER record a lower intake of pastries, nuts and seeds, sweets, animal fats as well as beer, wine and sparkling wine in relation to EI. LER had a higher intake of energy from proteins. Furthermore, in absolute terms LER show a significant lower intake of macro- and micronutrients as well as of fibre. However, after adjusting for reported energy intake, the diet of LER (for most micronutrients) was more nutrient dense. The proportion of those who did not reach the D-A-CH reference values for the various micronutrients was significantly higher among the LER.

**Conclusion:** Because studies on misreporting use different methods for identifying LER, the results are partly not consistent and only comparable to a limited extend. That misreporting is associated with a higher body weight, and that fat- and sugar-rich foods are affected disproportionately, is confirmed by most studies. As well as several studies show that low-energy-reporting leads to an overestimation of the prevalence of inadequate micronutrient intake. For future studies it is useful to apply consistent standards for identifying misreporting, as formulated by the EFSA as well as to measure physical activity objectively and above all to reduce misreporting. For this purpose the potential of the information and communication technology can be used.

## 9 LITERATUR

- ALFONZO-GONZÁLEZ, G., DOUCET, E., ALMÉRAS, N., BOUCHARD, C., TREMBLAY, A. (2004): Estimation of daily energy needs with the FAO/WHO/UNU 1985 procedures in adults: comparison to whole-body indirect calorimetry measurements, in: European Journal of Clinical Nutrition, 58, S. 1125 - 1131.
- ANJOS, L. A., WAHRLICH, V., VASCONCELLOS, T. L. (2013): BMR in a brazilian adult probability sample: The nutrition, physical activity and health survey, in: Public Health Nutrition, 17(4), S. 853 - 860.
- ARES G., VIDAL L., ALLEGUE G., GIMÉNEZ, A., BANDEIRA, E., MORATORIO, X., MOLINA, V., CURUTCHET, M. R. (2016): Consumers' conceptualization of ultra-processed foods, in: Appetite, 105, S. 611 - 617.
- ASBECK, I., MAST, M., BIERWAG, A., WESTENHÖFER, J., ACHESON, K. J., MÜLLER, M. J. (2002): Severe underreporting of energy intake in normal weight subjects: use of an appropriate standard and relation to restrained eating, in: Public Health Nutrition, 5(5), S. 683 - 690.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., WEIBER, R. (2011): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung, 13. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- BAILEY, R. L., MITCHELL, D. C., MILLER, C., SMICIKLAS-WRIGHT, H. (2007): Assessing the effect of underreporting energy intake on dietary patterns and weight status, in: Journal of American Dietetic Association, 107, S. 64 - 71.
- BANNA, J. C., FIALKOWSKI, M. K., TOWNSEND, M. S. (2015): Misreporting of dietary intake affects estimated nutrient intakes in low-income spanish-speaking women, in: Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 115(7), S. 1124 - 1133.
- BANNA, J. C., MCCRORY, M. A., FIALKOWSKI, M. K., BOUSHY, C. (2017): Examining Plausibility of Self-Reported Energy Intake Data: Considerations for Method Selection, in: Frontiers in Nutrition, 4(45), S. 1 - 6.
- BEDARD, D., SHATENSTEIN, B., NADON, S. (2004): Underreporting of energy intake from a self-administered food-frequency questionnaire completed by adults in Montreal, in: Public Health Nutrition, 7(5), S. 675 - 681.
- BLACK, A. E. (2000a): Critical evaluation of energy intake using the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate. A practical guide to ist calculation, use and limitations, in: International Journal of Obesity, 24, S. 1119 - 1130.
- BLACK, A. E. (2000b): The sensitivity and specificity of the Goldberg cut-off for EI.BMR for identifying diet reports of poor validity, in: European Journal of Clinical Nutrition, 54, S. 395 - 404.
- BLACK A. E., COLE, T. J. (2000): Within- and between-subject variation in energy expenditure measured by the doubly-labelled water technique: implications for validating reported dietary energy intake, in: European Journal of Clinical Nutrition, 54, S. 386 - 394.
- BLACK, A. E., COWARD, W. A., COLE, T. J., PRENTICE, A. M. (1996): Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements, in: European Journal of Clinical Nutrition, 50, S. 72 - 92.
- BLACK, A. E., GOLDBERG, G. R., JEBB, S. A., LIVINGSTONE, M. B., COLE, T. J., PRENTICE, A. M. (1991): Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 2. Evaluating the results of published surveys, in: European Journal of Clinical Nutrition, 45(12), S. 583 - 599.
- BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG) (Hrsg.) (2018): Die Ernährungspyramide. Richtig essen lehren und lernen, 6. Auflage, Bonn.
- BOGARDUS, C., LILLIOJA, S., RAVUSSIN, E., ABBOTT, W., ZAWADZKI, J. K., YOUNG, A., KNOWLER, W. C., JACOBOWITZ, R., MOLL, P. P. (1986): Familial dependence of the resting metabolic rate, in: The New England Journal of Medicine, 315(2) S. 96 - 100.
- BORT-ROIG, J., GILSON, N. D., PUIG-RIBERA, A., CONTRERAS, R. S., TROST, S. G. (2014): Measuring and Influencing Physical Activity with Smartphone Technology: A Systematic Review, in: Sports Medicine, 44, S. 671 - 686.

- BOUSHY, C. J., SPODEN, M., ZHU, F. M., DELP, E. J., KERR, D. A. (2017): New mobile methods for dietary assessment: review of image-assisted and image-based dietary assessment methods, in: Proceeding of the Nutrition Society, 76, S. 283 - 294.
- BUCHHOLZ, A. C., RAFII, M., PENCHARZ, P. B. (2001): Is resting metabolic rate different between men and women?, in: British Journal of Nutrition, 86, S. 641 - 646.
- BÜHL, A. (2019): SPSS. Einführung in die moderne Datenanalyse ab SPSS 25, 16. Auflage, Hallbergmoos: Pearson.
- BURGGRAF, C., TEUBER, R., BROSING, S., MEIER, T. (2018): Review of a priori dietary quality indices in relation to their construction criteria, in: Nutritions Reviews, 76(10), S. 747 - 764.
- CARLSOHN, A., SCHARHAG-ROSENBERGER, F., SCHAPP, L., FUSCH, G., MAYER, F. (2012): Validität der Energiezufuhrbestimmung mittels Ernährungsprotokoll bei Normalgewichtigen in Abhängigkeit von der Höhe der Energiezufuhr, in: Ernährungsumschau, 10, S. 572 - 577.
- CARROLL, R. J., RUPPERT, D. (1988): Transformation and Weighting in Regression, New York: Chapman and Hall.
- CASTRO-QUEZADA, I., RUANO-RODRÍGUEZ, C., RIBAS-BARBA, L., SERRA-MAJEM, L. (2015): Misreporting in nutritional surveys: methodological implications, in: Nutrition Hospitalaria, 31(Sup. 3) S. 119 - 127.
- CONRAD, J., NÖTHLINGS, U. (2017): Innovative approaches to estimate individual usual dietary intake in large-scale epidemiological studies, in: Proceeding of the Nutrition Society, 76, S. 213 - 219.
- CRAIG, B. M., ADAMS, A. K. (2009): Accuracy of body mass index categories based on self-reported height and weight among women in the United States, in: Maternal and child health journal, 13(4), S. 489 - 496.
- DELACRE, M., LAKENS, D., LEYS, C. (2017): Why psychologists should by default use Welch's t-test instead of student's t-test, in: International Review of social psychology, 30(1), S. 92 - 101.
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (2018): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE, 1. Auflage, Bonn.
- DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (2016): Die Nährstoffe. Bausteine für Ihre Gesundheit, 3. Auflage, Bonn.
- DGE (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG), ÖGE (ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG), SGE (SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG) (Hrsg.) (2018): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 2. Auflage, 4. aktualisierte Ausgabe, Neuer Umschau Buchverlag, Bonn.
- DE SOUZA, D. R., ANJOS, L. A., WAHRLICH, V., DE VASCONCELLOS, M. T. (2015): Energy intake underreporting of adults in a household survey: the impact of using a population specific basal metabolic rate equation, in: Cadernos de Saúde Pública, 31(4), S. 777 - 786.
- DOUMA, J. A. J., VERHEUL, H. M. W., BUFFART, L. M. (2018): Feasibility, validity and reliability of objective smartphone measurements of physical activity and fitness in patients with cancer, in: BMC Cancer, 18(1):1052.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2014): Guidance on the EU Menu methodology, in: EFSA Journal, 12(12), S. 3944 - 4021.
- EID, M., GOLLWITZER, M., SCHMITT, M. (2011): Statistik und Forschungsmethoden, 2. Auflage, Basel: Beltz Verlag.
- ELMADFA, I. (2015): Ernährungslehre, 3. Auflage, Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- FAO, WHO, UNU (Hrsg.) (2001): Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, Food and Nutrition Technological report series 1, Rom.
- FLACK, K., SIDERS, W. A., JOHNSON, L., ROEMMICH, J. N. (2016): Cross-Validation of resting metabolic rate prediction equations, in: Journal of the academy of nutrition and dietetics, 116(9), S. 1413 - 1422.
- FREITAG, H.-W., SCHULZ, A. (2018): Bildungsbeteiligung, Bildungsniveau und Bildungsbudget, in: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Datenreport 2018. Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland, Bonn, S. 103 - 127.
- FUNTIKOVA, A. N., GOMEZ, S. F., FITÓ, M., ELOSUNA, R., BENÍTEZ-ARCINIEGA, A. A., SCHRÖDER, H. (2015): Effect of energy under-reporting on secular trends of dietary Patterns in a mediterranean Population, in: PLoS one, 10(5).

- GAEDE-ILLIG, C., ZACHARIAE, S., MENZEL, C., ALFERMANN, D. (2014): Körperliche Aktivität erfassen – ein Vergleich vom IPAQ-SF und dem SenseWear Pro Armband, in: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 65(6) S. 154 - 159.
- GANPULE A. A., TANAKA, S., ISHIKAWA-TAKATA, K., TABATA, I. (2007): Interindividual variability in sleeping metabolic rate in Japanese subjects, in: European Journal of Clinical Nutrition, 61(11), S. 1256 - 1261.
- GARDEN, L., CLARK, H., WHYBROW, S., STUBBES, R. J. (2018): Is misreporting of dietary intake by weighed food records or 24-hour recalls food specific? in: European Journal of Clinical Nutrition, 72, S. 1026 - 1034.
- GARRIGUET, D. (2018): Accounting for misreporting when comparing energy intake across time in Canada, in: Health reports, 29(5), S. 3 - 12.
- GARRIGUET, D. (2008a): Impact of identifying plausible respondents on the under-reporting of energy intake in the Canadian community health survey, in: Health reports, 19(4), S. 47 - 55.
- GARRIGUET, D. (2008b): Under-reporting of energy intake in the Canadian community health survey, in: Health reports, 19(4), S. 37 - 45.
- GEMMING, L., JIANG, Y., SWINBURN, B., UTTER, J., MHURCHU, C. N. (2014): Under-reporting remains a key limitation of self-reported dietary intake: an analysis of the 2008/09 New Zealand Adult Nation Survey, in: European Journal of Clinical Nutrition, 68, S. 259 - 264.
- GEMMING, L., RUSH, E., MADDISON, R., DOHERTY, A., GANT, N., UTTER, J., MHURCHU, C. N. (2015): Wearable cameras can reduce dietary under-reporting: doubly labelled water, in: British Journal of Nutrition, 113, S. 284 - 291.
- GIBSON, R. S. (2005): Principles of Nutritional Assessment, 2. Auflage, Oxford: Oxford University Press.
- GOLDBERG, G. R., BLACK, A. E., JEBB, S. A., COLE, T. J., MURGATROYED, W. A. (1991): Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-reporting, in: European Journal of Clinical Nutrition, 45, S. 569 - 581.
- GOSE, M., KREMS, C., HEUER, T., HOFFMANN, I. (2016): Trends in food consumption and nutrient intake in Germany between 2006 and 2012: results of the German National Nutrition Monitoring (NEMONIT), in: British Journal of Nutrition, 115, S. 1498 - 1507.
- GROBECKER, C., KRACK-ROBERG, E., PÖTZSCH, O., SOMMER, B. (2018): Bevölkerungsstand und Bevölkerungsentwicklung, in: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Datenreport 2018. Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland, Bonn, S. 11 - 49.
- HARRIS, J. A., BENEDICT, F. G. (1918): A biometric study of human basal metabolism, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 4(12), S. 370 - 373.
- HASLER, M., HOTHORN, L. A. (2008): Multiple contrast tests in the presence of heteroscedasticity, in: Biometrical Journal, 50(5), S. 793 - 800.
- HEDDERICH, J., SACHS, L. (2016): Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R, 15. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- HENRY, C. J. K. (2005): Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations, in: Public Health Nutrition, 8(7A) S. 1133 - 1152.
- HESEKER, H. (2016): Ernährungssituation in Deutschland, in: DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (Hrsg.): 13. Ernährungsbericht, Bonn, S. 17 - 40.
- HESEKER, H. (2012): Ernährungssituation in Deutschland, in: DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (Hrsg.): 12. Ernährungsbericht 2012, Bonn, S. 19 - 136.
- HORGAN, G. W., STUBBS, J. (2003): Predicting basal metabolic rate in the obese is difficult, in: European Journal of Clinical Nutrition, 57, S. 335 - 340.
- HUANG T. K. K., ROBERTS, S. B., HOWARTH, N. C., MCCRORY, M. A. (2005): Effects of screening out implausible energy intake reports on relationships between diet and BMI, in: Obesity Research, 13(7), S. 1205 - 1217.

- IBM (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES) (2017): IBM SPSS Bootstrapping 25. Online verfügbar unter: [ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/25.0/de/client/Manuals/IBM\\_SPSS\\_Bootstrapping.pdf](ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/25.0/de/client/Manuals/IBM_SPSS_Bootstrapping.pdf)
- IOM (INSTITUTE OF MEDICINE) (2005): Dietary reference intake for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids, Washington, D. C.: The National Academies Press.
- JESSRI, M., LOU, W. Y., L'ABBÉ, M. R. (2016): Evaluation of different methods to handle misreporting in obesity research: evidence from the Canadian national nutrition survey, in: *British Journal of Nutrition*, 115, S. 147 - 159.
- JOHANSSON, G., WIKMAN, A., AHRÉN, A.-M., HALLMANS, G., JOHANSSON, I. (2001): Underreporting of energy intake in repeated 24 hour recalls related to gender, age, weight status, day of interview, educational level, reported food intake, smoking habits and area of living, in: *Public Health Nutrition*, 4(4), S. 919 - 927.
- KENNEDY, E. T., OHLS, J., CARLSON, S., FLEMING, K. (1995): The healthy eating index: Desing and applications, in: *Journal of the American Dietetic Association*, 95(10), S. 1103 - 1108.
- KERSTING, M., KALHOFF, H., LÜCKE, T. (2017): Von Nährstoffen zu Lebensmitteln und Mahlzeiten: das Konzept der Optimierten Mischkost für Kinder und Jugendliche in Deutschland, in: *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 42, S. 304 - 315.
- KLINGENBERG, S., HALLENBERG, E., LORENTZON, M., MELLSTRÖM, D., OHLSSON, C., HULTHÉN, L. (2007): Characteristics of under – and over-reports of energy intake among 18-20-years-old males: the Gothenburg Osteoporosis and Obesity Determinants (GOOD) study, in: *Public Health Nutrition*, 11(1) S. 1117 - 1123.
- KNIES, J. M. (2015): Entwicklung und Evaluation eines neuen digitalfotogestützten Instruments zur Erfassung des Lebensmittelverzehrs bei Erwachsenen, Kindern und Jugendlichen, Paderborn: Universität Paderborn. Online verfügbar unter: <http://digital.ub.uni-paderborn.de/hsx/content/titleinfo/2004229>
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G., VOLESKE, P. (2007): Biostatistik. Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler, 4. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- KONIETSCHKE, F., HOTHORN, L. A., BRUNNER, E. (2012): Rank-based multiple test procedures and simultaneous confidence intervals, in: *Electronic Journal of Statistic*, 6, S 738 - 759.
- KREIENBROCK, L., PIGEOT, I., AHRENS, W. (2012): Epidemiologische Methoden, 5. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- KREMS, C., BAUCH, A., GÖTZ, A., HEUER, T., HILD, A., MÖSENEDER, J., BROMBACH, C. (2006): Methoden der Nationalen Verzehrsstudie 2, in: *Ernährungsumschau*, 53(2), S. 44 - 50.
- KROMEYER-HAUSCHILD, K., WABITSCH, M., KUNZE, D., GELLER, F., GEIß, H.C., HESSE V., VON HIPPEL, A., JAEGER, U., JOHNSEN, D., KORTE, W., MENNER, K., MÜLLER, G., MÜLLER, J. M., NIEMANN-PILATUS, A., REMER, T., SCHAEFER, F., WITTCHE, H.-U., ZABRANSKY, S., ZELLNER, K., ZIEGLER, A., HEBEBRAND, J. (2001): Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben, in: *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 149, S. 807 - 818.
- KUBINGER, K. D., RASCH, D., MODER, K. (2009): Zur Legende der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben, in: *Psychologische Rundschau*, 60, S. 26 - 27.
- KYE, S., KWON, S.-O., LEE, S.-Y., LEE, J., KIM, B. H., SUH, H.-J., MOON., H.-K. (2014): Under-reporting of energy intake from 24-hour dietary recalls in the korean national health and nutrition examination survey, in: *Osong Public Health and Research Perspectives*, 5(2), S. 58 - 91.
- LANKESTER, J., PERRY, S., PARSONNET, J. (2014): Comparison of two methods – regression predictive model and intake shift model – for adjusting self-reported dietary recall of total energy intake of populations, in: *Frontiers in Public Health*, 2:249.
- LIVINGSTONE, M. B., BLACK, A. E. (2003): Markers of the validity of reported energy intake, in: *The Journal of Nutrition*, 133(suppl. 3), S. 895S - 920S.

- LIVINGSTONE, M. B., ROBSON, P. J., BLACK, A. E., COWARD, W. A., WALLACE, J. M. W., MCKINLEY, M. C., STRAIN, J. J. (2003): An evaluation of the sensitivity and specificity of energy expenditure measured by heart rate and the Goldberg cut-off for energy intake: basal metabolic rate for identifying mis-reporting of energy intake by adults and children: a retrospective analysis, in: European Journal of Clinical Nutrition, 57, S. 455 - 463.
- LOPES, T. S., LUIZ, R. R., HOFFMAN, D. J., FERRIOLLI, E., PFRIMER, K., MOURA, A. S., SICHERI, R., PEREIRA, R. A. (2016): Misreporting of energy intake assessed with food records and 24-h recalls, in: European Journal of Clinical Nutrition, 70, S. 1259 - 1264.
- LUTOMSKI, J. E., VAN DEN BROEK, J., HARRINGTON, J., SHIELY, F., PERRY, I. J. (2010): Sociodemographic, lifestyle, mental health and dietary factors associated with direction of misreporting of energy intake, in: Public Health Nutrition, 14(3), S. 532 - 541.
- MACDIARMID, J., BLUNDELL, J. (1998): Assessing dietary intake: Who, what and why of under-reporting, in: Nutrition Research Reviews, 11, S. 231 - 253.
- MAGALHÃES, V., SEVERO, M., TORRES, D., RAMOS, E., LOPES, C. (2019): Characterizing energy intake misreporting and its effects on intake estimations, in: Portuguese adult population, in: Public Health Nutrition, im Druck.
- MARKUSSEN, M. S., VEIROD, M. B., UR SIN, G., ANDERSEN, L. F. (2016): The effect of under-reporting of energy intake on dietary patterns and on the associations between dietary patterns and self-reported chronic disease in women aged 50 - 69 years, in: British Journal of Nutrition, 116, S. 547 - 558.
- MARRA, M., CIOFFI, I., SAMMARCO, R., MONTAGENESE, C., NACCARATO, M., AMATO, V., CONTALDO, F., PASANISI, F. (2017): Prediction and evaluation of resting energy expenditure in a large group of obese outpatients, in: International Journal of Obesity, 41, S. 697 - 705.
- MATTISSON, I., WIRFÄLT, E., ARONSSON, C. A., WALLSTRÖM, P., SONESTEDT, E., GILLBERG, B., BERGLUND, G. (2005): Misreporting of energy: prevalence, characteristics of misreporters and influence on observed risk estimates in the Malmö Diet and Cancer cohort, in: British Journal of Nutrition, 94, S. 832 - 842.
- MAURER, J., TAREN, D. L., TEIXEIRA, P. J., THOMSON, C. A., LOHMAN, T. G., GOING, S. B., HOUTKOOPER, L. B. (2006): The Psychosocial and behavioral characteristics related to energy misreporting, in: Nutrition Reviews, 62(2), S. 53 - 63.
- MCCRORY M. A., HAJDUK, C. L., ROBERTS, S. B. (2002): Procedures for screening out inaccurate reports of dietary energy intake, in: Public Health Nutrition, 5, S. 873 - 882.
- MENDEZ, M. A. (2015): Invited Commentary: Dietary Misreporting as a Potential Source of Bias in Diet-Disease Associations: Future Directions in Nutritional Epidemiology Research, in: American Journal of Epidemiology, 181(4), S. 234 - 236.
- MENDEZ M. A., POPKIN, B. M., BUCKLAND, G., SCHRODER, H., AMIANO, P., BARRICARTE, A., HUERTA, J. M., QUIRÓS, J. R., SÁNCHEZ, M. J., GONZÁLEZ, C. A. (2011): Alternative methods of accounting for underreporting and overreporting when measuring dietary intake-obesity relations, in: American Journal of Epidemiology, 173(4), S. 448 - 458.
- MENG, X., KERR, D. A., ZUH, K., DEVINE, A., SOLAH, V. A., WRIGHT, J., BINNS, C. W., PRINCE, R. L. (2012): Under-reporting of energy intake in elderly Australian women is associated with a higher body mass index, in: The Journal of Nutrition, Health & Aging, 17(2), S. 112 - 118.
- MIFFLIN, M. D., ST JEOR, S. T., HILL, L. A., SCOTT, B. J. (1990): A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals, in: American Journal of Clinical Nutrition, 51, S. 241 - 247.
- MILLEN, A. E., TOOZE, J. A., SUBAR, A. F., KAHLE, L. L., SCHATZKIN, A., KREBS-SMITH, S. M. (2009): Differences between food group reports of low energy reporters and non-low energy reporters on a food frequency questionnaire, in: Journal of the American Dietetic Association, 109(7), S. 1194 - 1203.
- MILLER, S., MILLIRON, B.-J., WOOLF, K. (2013): Common prediction equations overestimates measured resting metabolic rate in young Hispanic women, in: Topics in Clinical Nutrition, 28(2), S. 120 - 135.
- MRI (MAX-RUBNER-INSTITUT) (Hrsg.) (2014a): Variablenbeschreibung Lebensmittelverzehr und Nährstoffzufuhr (Wiegeprotokolle).

- MRI (MAX-RUBNER-INSTITUT) (Hrsg.) (2014b): Bundeslebensmittelschlüssel. Version 3.02.
- MRI (MAX-RUBNER-INSTITUT) (Hrsg.) (2008a): Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 1.
- MRI (MAX-RUBNER-Institut) (Hrsg.) (2008b): Nationale Verzehrsstudie II. Ergänzungsband zum Ergebnisbericht, Teil 1.
- MRI (MAX-RUBNER-INSTITUT) (Hrsg.) (2008c): Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 2.
- MÜLLER, M. J., BOSY-WESTPHAL, A., KLAUS, S., KREYMAN, G., LÜHRMANN, P. M., NEUHÄUSER-BERTHOLD, M., NOACK, R., PIRKE, K. M., PLATTE, P., SELBERG, O., STEINIGER, J. (2004): World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure, in: *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, S. 1379 - 1390.
- MURAKAMI, K., LIVINGSTONE, M. B., (2015): Prevalence and characteristics of misreporting of energy intake in US adults: NHANES 2003-2012, in: *British Journal of Nutrition*, 114, S. 1294 - 1303.
- MURAKAMI, K., LIVINGSTONE, M. B., OKUBO, H., SASAKI, S. (2018): Prevalence and characteristics of misreporting of energy intake in Japanese adults: the 2012 National Health and Nutrition Survey, in: *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 27(2), S. 441 - 450.
- NIGGEMEIER, C. (2017): Untersuchungen zum Einfluss von Lebensmittelverarbeitung und -verarbeitungsgrad auf die Energie-, Nährstoff- und Zusatzstoffzufuhr von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, Paderborn: Universität Paderborn. Online verfügbar unter: <http://digital.ub.uni-paderborn.de/hs/content/titleinfo/2496174>.
- NIGGEMEIER, C., SCHMID, A. (2016): Einfluss von Lebensmittelverarbeitung und Mahlzeitenzubereitung auf die Lebensmittelauswahl, die Nährstoffzufuhr, die Zufuhr von Zusatzstoffen und das Körpergewicht von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, in: DGE (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (Hrsg.): 13. DGE-Ernährungsbericht, Bonn, S. 203 - 262.
- OLZA, J., DE VICTORIA, E. M., ARANCETA-BARTRINA, A., GONZÁLEZ-GROSS, M., ORTEGA, R. M., SERRA-MAJEM, L., VALERA-MOREIRAS, G., GIL, A. (2019): Adequacy of critical nutrients affecting the quality of the Spanish diet in the ANIBES Study, in: *Nutrients*, 11(10), 2328.
- PANAGIOTAKOS, D. (2008): A-priori versus a-posterior methods in dietary pattern analysis: a review in nutrition epidemiology, in: *Nutrition Bulletin*, 33, S. 311 - 315.
- PARK, J., KAZUKO, I.-T., KIM, E., KIM, J., YOON, J. (2014): Estimating free-living human energy expenditure: Practical aspects of the doubly labeled water method and its applications, in: *Nutrition Research and Practice*, 8(3), S. 241 - 248.
- PATTERSON, R. E., HAINES, P. S., POKIN, B. M. (1994): Diet quality index: capturing a multidimensional behavior, in: *Journal of the American Dietetic Association*, 94(1), S. 57 - 64.
- POPPITT, S. D., SWANN, D., BLACK, A. E., PRENTICE, A. M. (1998): Assessment of selective under-reporting of food intake by both obese and non-obese women in a metabolic facility, in: *International Journal of Obesity*, 22, S. 303 - 311.
- POSlusna, K., RUPRICH, J., DE VRIES, J. H. M., JAKUBIKOVA, M., VAN'T VEER, P. (2009): Misreporting of energy and micronutrient intake estimated by food records and 24 hour recalls, control and adjustment methods in practice, in: *British Journal of Nutrition*, 101(suppl. 2), S. S73 - S85.
- PURSEY, K., BURROWS, T. L., STANWELL, P., COLLINS, C. E. (2014): How Accurate is Web-Based Self-Reported Height, Weight, and Body Mass Index in Young Adults?, in: *Journal of medical Internet research*, 16(1):e4.
- RAMIREZ-ZEA, M. (2005): Validation of three predictive equations for basal metabolic rate in adults, in: *Public Health Nutrition*, 8(7A), S. 1213 - 1228.
- RASCH, D., KUBINGER, K. D., MODER, K. (2011): The two-sample t test: pre-testing its assumptions does not pay off, in: *Statistical Paper*, 52, S. 219 - 231.
- RASMUSSEN, L. B., MATTHIESSEN, J., BILTOFT-JENSEN, A., TETENS, I. (2006): Characteristics of misreporting of dietary intake and physical activity, in: *Public Health Nutrition*, 10(3), S. 230 - 237.

- RAVELLI, M. N., SARTORI, M. M. P., CORRENTE, J. E., RASERA JUNIOR I., DE SOUZA, N. P. P., DE OLIVEIRA, M. R. M. (2018): The under-reporting of energy intake influences the dietary pattern reported by obese women in the waiting list for bariatric surgery, in: *Brazilian Journal of Nutrition*, 31(2), S. 235 - 249.
- R CORE TEAM (2018): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien. Online verfügbar unter [www.R-project.org](http://www.R-project.org).
- RENNIE, K. L., COWARD, A., JEBB, S. A. (2007): Estimating under-reporting of energy intake in dietary surveys using an individualised method, in: *British Journal of Nutrition*, 97, S. 1169 - 1176.
- RHEE, J. J., SAMPSON, L., CHO, E., HUGHES, M. D., HU, F. B., WILLETT, W. C. (2015): Comparison of methods to account for implausible reporting of energy intake in epidemiologic studies, in: *American Journal of Epidemiology*, 181(4), S. 225 - 233.
- RIBAS-BARBA, L., SERRA-MAJEM, L., ROMÁN-VIÑAS, B., NGO, J., GARCÍA-ÁLVAREZ, A. (2009): Effects of dietary assessment methods on assessing risk of nutrient intake adequacy at the population level: from theory to practice, in: *British Journal of Nutrition*, 101, S. S64 - S72.
- ROHRLACK, C. (2009): Logistische und Ordinale Regression, in: Albers, S., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A., Wolf, J. (Hrsg.): *Methodik der empirischen Forschung*, 3. Auflage, Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 267 - 282.
- RUESTEN, A. VON ILLNER, A.-K., BOEING, H., FLOTHKÖTTER, M. (2009): Die Bewertung der Lebensmittelaufnahme mittels eines „Healthy Eating Index“ [HEI-EPIC], in: *Ernährungsumschau*, 8(9), S. 450 - 456.
- RUESTEN, A. VON ILLNER, A.-K., BUIJSSE, B., HEIDEMANN, C., BOEING, H. (2010): Adherence to recommendations of the German food pyramid and risk of chronic diseases: results from the EPIC-Postdam study, in: *European Journal of Clinical Nutrition*, 64, S. 1251 - 1259.
- RUXTON, G. D. (2006): The unequal variance t-test is an underused alternative to student's t-test and the Mann-Whitney U test, in: *Behavioral Ecology*, 17(4), S. 688 - 690.
- SABOUNCHI, N. S., RAHMADAD, H., AMMERMAN, A. (2013): Best fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations, in: *International Journal of Obesity*, 37(10), S. 1364 - 1370.
- SCAGLIUSI, F. B., FERRIOLLI, E., PFRIMER, K., LAUREANO, C., CUNHA, C. S. F., GUALANO, B., LOURENCO, B., LANCHÁ, A. H. (2008): Under-reporting of energy intake is more prevalent in a healthy dietary pattern cluster, in: *British Journal of Nutrition*, 100, S. 1060 - 1068.
- SCAGLIUSI, F. B., POLACOW, V. O., ARTIOLI, G. G., BENATTI, F. B., LANCHÁ, A. H. (2003): Selective underreporting of energy intake in women: Magnitude, determinants, and effect of training, in: *Journal of the American Dietetic Association*, 103(10), S. 1306 - 1313.
- SCHEMBRE, S. M., LIAO, Y., O'CONNOR, S. G., HINGLE, M. D., SHEN, S.-E., HAMOY, K. G., HUH, J., DUNTON, G. F., WEISS, R., THOMSON, C. A., BOUSHAY, C. J. (2018): Mobile ecological momentary diet assessment methods for behavioral research: Systematic Review, in: *Journal of Medical Internet Research mhealth and uhealth*, 6(11):e11170.
- SCHENDRA, C. F. G. (2014): *Regressionsanalyse mit SPSS*, 2. Auflage, München: Oldenbourg Verlag.
- SCHOFIELD W.N. (1985): Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work, in: *Human Nutrition.Clinical Nutrition*, 39(suppl), S. 5 - 41.
- SHANESHIN, M., JESSRI, M., RASHIDKHANI, B. (2014): Validity of energy intake reports in relation to dietary patterns, in: *Journal of Health, Population and Nutrition*, 32(1), S. 36 - 45.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2018): *Mikrozensus 2017 – Fragen zur Gesundheit – Körpermaße der Bevölkerung*, Wiesbaden.
- STRASBURG, A. (2010): Ernährungserhebungen Methoden und Instrumente, in: *Ernährungsumschau*, 8, S. 422 - 430.

- STRASBURG, A., EISINGER-WATZL, M., KREMS, C., ROTH, A., HOFFMANN, I. (2017): Comparison of food consumption and nutrient intake assessed with three dietary assessment methods: results of the German National Nutrition Survey II, in: European Journal of Nutrition.
- Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1583-z>.
- SUBAR, A. F., FREEDMAN, L. S., TOOZE, J. A., KIRKPATRICK, S. I., BOUSHEY, C., NEUHOUSER, M., L., THOMPSON, F. E., POTISCHMANN, N., GUENTHER, P. M., TARASUK, V., REEDY, J., KREBS-SMITH, S. M. (2015): Addressing current criticism regarding the value of self-report dietary data, in: The Journal of Nutrition, 145, S. 2639 - 2645.
- TOOZE, J. A., FREEDMAN, L. S., CARROLL, R. J., MIDTHUNE, D., KIPNIS, V. (2016): The impact of stratification by implausible energy reporting status on estimates of diet-health relationships, in: Biometrical Journal, 58(6), S. 1538 - 1551.
- TOOZE, J. A., KREBS-SMITH, S. M., TROIANO, R. P., SUBAR, A. F. (2012): The accuracy of the Goldberg method for classifying misreporters of energy intake on a food frequency questionnaire and 24-h recalls: comparison with doubly labeled water, in: European Journal of Clinical Nutrition, 66, S. 569 - 576.
- TRICHOPOULOU, A., KOURIS-BLAZOS, A., WAHLQVIST, M. L., GNARDELLIS, C., LAGIOU, P., POLYCHRINIPPOULOS, E., VASSILAKOU, T., LIPWORTH, L., TRICHOPOULOS, D. (1995): Diet and overall survival in elderly people, in: British Medical Journal, 311, S. 1457 - 1460.
- TRIJSBURG, L., GEELEN, A., HOLLMANN, P. C. H., HULSHOF, P. J. M., FESKENS, E. J. M., VAN'T VEER, P., BOSHUIZEN, H. C., DE VRIES, J. H. M. (2016): BMI was found to be a consistent determinant related to misreporting of energy, protein and potassium intake using self-report and duplicate portion methods, in: Public Health Nutrition, 20(4), S. 598 - 607.
- VANRULLEN, I. B., VOLATIER, J.-L., BERTAUT, A., DUFOUR, A., DALLONGEVILLE, J. (2014): Characteristics of energy intake under-reporting in French adults, in: British Journal of Nutrition, 111, S. 1292 - 1302.
- WABITSCH, M., KUNZE, D. (federführend für die AGA) (2015): Konsensbasierte (S2) Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Prävention von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter. Version 15.10.2015. Online verfügbar unter: [www.adipositas-gesellschaft.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/AGA\\_S2\\_Leitlinie.pdf](http://www.adipositas-gesellschaft.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/AGA_S2_Leitlinie.pdf).
- WILLET, W. (2013): Nutritional Epidemiology, 3. Auflage, New York: Oxford University Press.
- WITTING, F. A. (2015): Methoden zur umfassenden Darstellung des Lebensmittelverzehrs am Beispiel von Bio-Käufern und Nicht-Bio-Käufern – Auswertungen auf Basis der Nationalen Verzehrsstudie II, Gießen: Universität Gießen. Online verfügbar unter: [http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2015/11613/pdf/WittigFriederike\\_2015\\_05\\_22.pdf](http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2015/11613/pdf/WittigFriederike_2015_05_22.pdf).
- WITTING, F. A., HOFFMANN, I. (2010): Ernährungsmuster von Bio-Käufern und Nicht-Bio-Käufern, in: Hoffmann, I., Spiller, A. (Hrsg.): Auswertung der Daten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II): eine integrierte verhaltens- und lebensstilbasierte Analyse des Bio-Konsums, S. 51 - 68. Online verfügbar unter: [http://orgprints.org/18055/1/18055-08OE056\\_08OE069-MRI\\_uni-goettingen-hoffmann\\_spiller-2010-verzehrsstudie.pdf](http://orgprints.org/18055/1/18055-08OE056_08OE069-MRI_uni-goettingen-hoffmann_spiller-2010-verzehrsstudie.pdf).
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION) (2000): Obesity: Preventing and managing the global epidemic. WHO Technical Report Series 894, Genf.
- Online verfügbar unter: [www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO\\_TRS\\_894/en/](http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_894/en/)
- YANNAKOULIA, M., PANAGIOTAKOS, D., PITSAVOS, C., BATHRELLOU, E., CHRYSOHOOU, C., SKOUMAS, Y., STEFANADIS, C. (2007): Low energy reporting related to lifestyle, clinical, and psychosocial factors in a randomly selected population sample of Greek adults: The ATTICA study, in: Journal of the American College of Nutrition, 26(4), S. 327 - 333.

## ANHANG

### Abbildungen und Tabellen

Abbildung A-1: Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Huang-Ansatz identifiziert) – Männer .....	102
Abbildung A-2: Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Huang-Ansatz identifiziert) – Frauen.....	102
Abbildung A-3: Ernährungsqualität - Indexsumme des HEI-NVS von AER und LER (über den Huang-Ansatz identifiziert), getrennt nach Geschlecht.....	103
Abbildung A-4: Kohlenhydratzufuhr pro Tag in Energieporzent nach Reportingsstatus und Geschlecht .....	104
Abbildung A-5: Residuenplot für die Kohlenhydratzufuhr in Energieprozent .....	104
Abbildung A-6: Thiamin-Zufuhr pro Tag pro 1000 kcal nach Reportingsstatus und Geschlecht.....	104
Abbildung A-7: Residuenplot für die Thiamin-Zufuhr pro 1000 kcal.....	104
Tabelle A-1: Übersicht zur Einteilung der Lebensmittel (nach MRI, 2008c; HESEKER, 2012) .....	93
Tabelle A-2: D-A-CH-Referenzwerte (DGE et al., 2018) für die tägliche Zufuhr an Makronährstoffen, Ballaststoffe und Alkohol .....	94
Tabelle A-3: D-A-CH-Referenzwerte (DGE et al., 2018) für die tägliche Zufuhr an ausgewählten Vitaminen und Mineralstoffen .....	94
Tabelle A-4: Ergebnisse der Regressionsanalyse mit dem Körpergewicht als abhängige Variable und der protokollierten Energiezufuhr als unabhängige Variable für die gesamte Population und AER.....	95
Tabelle A-5: Charakteristika von HER, AER und LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) (MW (SD) und Prozent).....	96
Tabelle A-6: Korrelationsmatrix für die analysierten soziodemografischen Merkmale innerhalb der Studienpopulation.....	96
Tabelle A-7: Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Wahrscheinlichkeit als LER klassifiziert zu werden im Vergleich zur Klassifikation als AER (identifiziert über den Huang-Ansatz) .....	97
Tabelle A-8: Mittlere tägliche Verzehrmenge von Lebensmittelgruppen absolut (g) und energieadjustiert (g/1000kcal) von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) nach Geschlecht.....	98
Tabelle A-9: Vorkommen von Ernährungsmustern zur Ernährungsqualität nach Geschlecht für Acceptable- Energy-Reporter im Vergleich zu Low-Energy-Reporter (identifiziert über den Huang-Ansatz) (Prozent)..	103
Tabelle A- 10: Vorkommen von Ernährungsmustern nach Verarbeitungsgrad der konsumierten Lebensmittel nach Geschlecht für Acceptable-Energy-Reporter im Vergleich zu Low-Energy-Reporter (identifiziert über den Huang-Ansatz) (Prozent) .....	103
Tabelle A-11: Energie-, Ballaststoff- sowie Makronährstoffzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) nach Geschlecht .....	105
Tabelle A-12: Mikronährstoff - und Alkoholzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) nach Geschlecht .....	106

**Tabelle A-1:** Übersicht zur Einteilung der Lebensmittel (nach MRI, 2008c; HESEKER, 2012)

Lebensmittelgruppe	Erläuterungen/ Beispiele enthaltener Lebensmittel
<b>Brot und Getreideerzeugnisse</b>	
Brot	z. B. Vollkorn- und Mehrkornbrot, Graubrot, Weißbrot, Vollkorn- und Mehrkornbrötchen, Weißbrötchen, Laugengebäck, Toastbrot, Zwieback, Knäckebrot, Laugengebäck
Backwaren	z. B. Kuchen, Torten, Plätzchen, Kleinteile, pikante Backwaren (Pizza, Zwiebelkuchen etc.), Knabberartikel wie Salzstangen, Erdnussflips, Pizzakräcker, Tortilla-Chips
Getreide- und Getreideerzeugnisse	z. B. Getreide/ Mehle, Reis, Cerealien, Müsli (trocken), Nudel- /Teigwaren, Bulgur
<b>Gemüse, Pilze, Hülsenfrüchte</b>	
Gemüse, Pilze, Hülsenfrüchte roh und TK	z. B. Blattsalate, Salatgemüse (Tomate, Gurke etc.)
Gemüse, Pilze, Hülsenfrüchte erhitzt	z. B. gegartes Gemüse (außer Kartoffel), Champignons, Kidneybohnen gegart
<b>Kartoffel und Kartoffelerzeugnisse</b>	
	z. B. frische Kartoffeln erhitzt, Pommes frites, Kartoffelpuffer, Kartoffelknödel
<b>Obst und Obsterzeugnisse (ohne Saft)</b>	
Obst	z. B. Obst in unverarbeiteter Form, Steinobst, Kernobst, Beerenobst, Zitrusfrüchte
Obsterzeugnisse	z. B. Obst gezuckert, erhitzt, Konzentrate, Konserven, Trockenobst
<b>Nüssen und Samen</b>	
	z. B. Nüsse, Ölsamen, Kerne und daraus hergestellte Produkte wie Erdnussbutter
<b>Fette und Öle</b>	
tierische Fette	z. B. Butter, tierische Fette
pflanzliche Fette und Öle	z. B. Margarine, pflanzliche Fette und Öle
<b>Milch, Milcherzeugnisse und Käse</b>	
Milch	z. B. Frischmilch, pasteurisierte Milch, H-Milch
Milchmischgetränke	z. B. Kakao, Milchshake
Milcherzeugnisse	z. B. Joghurt, (saure) Sahne, Schmand, Buttermilch, Kefir, Molke, Dickmilch
Käse und Quark	z. B. Schnittkäse, Weichkäse, Frischkäse und Quark, Schmelzkäse
<b>Eier</b>	
	z. B. Rührei, Spiegelei, gekochtes Ei, Eier in Speisen wie Pfannkuchen (nicht Eier in Backwaren, Suppen oder Soßen)
<b>Fleisch/ -erzeugnisse und Wurstwaren</b>	
Fleisch	z. B. Rindfleisch, Schweinefleisch, Geflügelfleisch
Fleischerzeugnisse und Wurstwaren	z. B. verarbeitete Fleischprodukte wie Bratwurst, Kassler, Salami und Fleischsoßen
<b>Fisch/-erzeugnisse und Krustentiere</b>	
	z. B. Salz- und Süßwasserfische, Garnelen, Muscheln, Schnecken, Fischerzeugnisse wie Kaviar, Fischkonserven
<b>Soßen und würzende Zutaten</b>	
	z. B. Würzmittel, Gewürze, Essensen, Tomatensoße, Senfsoße, Pesto, Ketchup
<b>Süßwaren</b>	
Süßigkeiten	z. B. Schokolade, Speiseeis, Getränkepulver, Süßspeisen, Zuckerwaren, Bonbons
süße Aufstriche	z. B. Marmelade, Gelees, Honig, Nuss-Nougat-Cremes
<b>alkoholfreie Getränke</b>	
Wasser	z. B. Mineralwasser, Trinkwasser
Kaffee und Tee (grün, schwarz)	z. B. grüner Tee, schwarzer Tee, Espresso
Kräuter- und Früchtetee	z. B. Pfefferminztee, Kamillentee, Hagebuttentee
Fruchtsäfte und Nektare	z. B. Apfelsaft, Orangensaft, Multivitaminnektar
Limonaden	z. B. Fruchtsaftgetränke, Orangenlimonade, Cola
sonstige alkoholfreie Getränke	z. B. Malzbier, alkoholfreies Bier, alkoholfreier Sekt
<b>alkoholische Getränke</b>	
Bier	z. B. Hefeweizen, Pils, Radler
Wein und Sekt	z. B. Rotwein, Weißwein
Spirituosen, sonstige alkoholische Getränke	z. B. Likörwein, Brantwein, Whiskey, Grappa, Cocktails

**Tabelle A-2:** D-A-CH-Referenzwerte (DGE et al., 2018) für die tägliche Zufuhr an Makronährstoffen, Ballaststoffen und Alkohol

Alter	Kohlenhydrate		Fett	gesättigte Fettsäure		Protein	Ballaststoffe		Alkohol	
	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w
14 bis 18 Jahre	> 50	30 - 35	< 10	0,9	0,9/0,8 <sup>a</sup>	30	< 20	< 10		
19 bis 24 Jahre	> 50	30 - 35	< 10	0,8	30	< 20	< 10			
25 bis 34 Jahre	> 50	30 - 35	< 10	0,8	30	< 20	< 10			
35 bis 50 Jahre	> 50	30 - 35	< 10	0,8	30	< 20	< 10			
51 bis 64 Jahre	> 50	30 - 35	< 10	0,8	30	< 20	< 10			
65 bis 80 Jahre	> 50	30 - 35	< 10	1,0	30	< 20	< 10			

<sup>a</sup>erster Referenzwert für die 14-Jährigen/ zweiter Wert ist der Referenzwert für die 15- bis 18-Jährigen

**Tabelle A-3:** D-A-CH-Referenzwerte (DGE et al., 2018) für die tägliche Zufuhr an ausgewählten Vitaminen und Mineralstoffen

Alter	Thiamin	Folat	Vitamin C	Vitamin B12	Zink	Eisen	Calcium
	mg	µg FA <sup>a</sup>	mg	µg	mg	mg	mg
	m	w	m	w	m	w	m
14 bis 18 Jahre	1,2/1,4 <sup>b</sup>	1,0/1,1 <sup>b</sup>	300	85/105 <sup>b</sup>	85/90 <sup>b</sup>	4	9,5/10,0 <sup>b</sup>
19 bis 24 Jahre	1,3	1,0	300	110	95	4	10,0
25 bis 34 Jahre	1,2	1,0	300	110	95	4	10,0
35 bis 50 Jahre	1,2	1,0	300	110	95	4	10,0
51 bis 64 Jahre	1,2	1,0	300	110	95	4	10,0
65 bis 80 Jahre	1,1	1,0	300	110	95	4	10,0

<sup>a</sup> Folsäureäquivalente berechnet nach der Summe folsäurewirksamer Verbindungen in der üblichen Nahrung; <sup>b</sup> erster Referenzwert für die 14-Jährigen/ zweiter Wert ist der Referenzwert für die 15- bis 18-Jährigen

**Tabelle A-4:** Ergebnisse der Regressionsanalyse mit der protokollierten Energiezufuhr als abhängige Variable und dem Körpergewicht als unabhängige Variable für die gesamte Population und AER

LER-Methode	gesamte Population		AER	
	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β
<b>2 Standardabweichungen</b>				
Goldberg mit Oxford	0,062	9,883***	0,195	15,9***
Goldberg mit Müller	0,062	9,883***	0,222	17,3***
Huang mit Müller	0,062	9,883***	0,277	17,4***
Huang mit IOM	0,062	9,883***	0,223	15,4***
<b>1,5 Standardabweichungen</b>				
Goldberg mit Oxford	0,062	9,883***	0,293	18,4***
Goldberg mit Müller	0,062	9,883***	0,280	17,9***
Huang mit Müller	0,062	9,883***	0,341	17,4***
Huang mit IOM	0,062	9,883***	0,289	16,0***
<b>1 Standardabweichungen</b>				
Goldberg mit Oxford	0,062	9,883***	0,383	17,7***
Goldberg mit Müller	0,062	9,883***	0,388	17,9***
Huang mit Müller	0,062	9,883***	0,478	18,1***
Huang mit IOM	0,062	9,883***	0,363	15,9***

\*\*\* p < 0,001

**Tabelle A-5:** Charakteristika von HER, AER und LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) (MW (SD) und Prozent)

	Gesamt (n = 943)		HER (n = 34)		AER (n = 682)		LER (n = 227)		p <sup>1</sup>
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
<b>rEI:pER</b>	0,85	0,23	1,43	0,21	0,92	0,14	0,57	0,10	< 0,001
<b>rEI [kcal/d]</b>	2055	604	3379	640	2195	461	1437	340	< 0,001
<b>pER [kcal/d]</b>	2422	368	2399	509	2395	350	2507	384	< 0,001
<b>Geschlecht [%]</b>									
männlich	42,3		64,7		42,2		39,2		
weiblich	57,7		35,3		57,8		60,8		0,423
<b>Altersgruppe [%]</b>									
14 bis 18 Jahre	8,0		5,9		7,0		11,0		
19 bis 24 Jahre	5,8		5,9		5,6		6,6		
25 bis 34 Jahre	9,3		14,7		9,2		8,8		
35 bis 50 Jahre	32,1		38,2		32,0		31,7		0,492
51 bis 64 Jahre	26,3		17,6		27,3		24,7		
65 bis 80 Jahre	18,5		17,6		18,9		17,2		
<b>Gewichtsstatus [%]</b>									
Untergewicht	1,3		8,8		1,3		0,0		
Normalgewicht	42,4		61,8		45,3		30,8		< 0,001
Präadipositas	37,5		26,5		39,0		34,8		
Adipositas	18,8		2,9		14,4		34,4		
<b>Schichtindex [%]</b>									
Oberschicht	21,0		29,4		22,7		14,5		
obere Mittelschicht	32,0		32,4		34,3		25,1		
Mittelschicht	30,1		23,5		27,6		38,8		< 0,001
unterer Mittelschicht	13,3		14,7		11,9		17,2		
untere Schicht	3,6		0,0		3,5		4,4		
<b>Sportlich aktiv [%]<sup>2</sup></b>									
ja	64,4		85,3		65,3		58,6		
nein	35,6		14,7		34,7		41,4		0,070

<sup>1</sup> p-Werte für Unterschiede zwischen AER und LER basierende auf einem Zweistichprobe-Welch-t-Test für metrische Variablen und auf einem Chi-Quadrat-Test für kategorische Variablen; <sup>2</sup> fehlende Angaben für die körperliche Aktivität bei 8 Personen

**Tabelle A-6:** Korrelationsmatrix für die analysierten soziodemografischen Merkmale innerhalb der Studienpopulation

	Geschlecht	Gewichtsstatus	Altersgruppe	Schichtindex	sportliche Aktivität
<b>Geschlecht</b>	1,000				
<b>Gewichtsstatus</b>	-,140**	1,000			
<b>Altersgruppe</b>	-,111**	,365**	1,000		
<b>Schichtindex</b>	0,016	,145**	,080*	1,000	
<b>sportliche Aktivität</b>	-,047	,173**	,175**	,143**	1,000

\*\* p < 0,01; \* p < 0,05

**Tabelle A-7:** Einfluss ausgewählter Faktoren auf die Wahrscheinlichkeit als LER klassifiziert zu werden im Vergleich zur Klassifikation als AER (identifiziert über den Huang-Ansatz)

	% LER	OR	95 % KI (untere Grenze)	95 % KI (obere Grenze)
<b>Altersgruppe</b>				
14 bis 18 Jahre	11,0	1,00		Referenz
19 bis 24 Jahre	6,6	0,85	0,38	1,92
25 bis 34 Jahre	8,8	0,60	0,29	1,28
35 bis 50 Jahre	31,7	0,52	0,28	0,97
51 bis 64 Jahre	24,7	0,36	0,19	0,69
65 bis 80 Jahre	17,2	0,30	0,15	0,60
<b>Schichtindex</b>				
Oberschicht	14,5	1,00		Referenz
obere Mittelschicht	25,1	1,04	0,64	1,70
Mittelschicht	38,8	1,87	1,15	3,04
untere Mittelschicht	17,2	1,93	1,09	3,41
untere Schicht	4,4	1,65	0,69	3,97
<b>Gewichtsstatus</b>				
Untergewicht	0,0	-	-	
Normalgewicht	30,8	1,00		Referenz
Präadipositas	34,8	1,77	1,13	2,52
Adipositas	34,4	4,52	2,88	7,09

**Tabelle A-8:** Mittlere tägliche Verzehrmenge von Lebensmittelgruppen absolut (g) und energieadjustiert (g/1000kcal) von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) nach Geschlecht

	Männer				Frauen			
	AER (n = 288)		LER (n = 89)		AER (n = 394)		LER (n = 138)	
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>Brot und Getreideerzeugnisse</b>								
Brot								
absolut [g]	166,9	159,2	174,5	115,9	105,8	127,2	< 0,001	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	66,7	63,6	69,5	71,5	65,5	77,5	0,768	< 0,001
Getreide- und Getreideerzeugnisse								
absolut [g]	82,1	74,2	90,5	54,1	43,6	64,8	< 0,001	0,002
energieadjustiert [g/1000 kcal]	32,8	29,5	35,9	32,2	26,2	38,2	0,755	0,707
Backwaren								
absolut [g]	81,8	75,6	87,9	49,6	38,8	60,6	< 0,001	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	32,0	29,8	34,1	28,8	23,2	34,7	0,076	0,015
<b>Gemüse, Pilze, Hülsenfrüchte</b>								
Gemüse, roh								
absolut [g]	72,0	64,8	79,5	60,6	49,6	73,9	0,190	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	29,1	26,3	32,0	37,1	29,8	45,9	0,264	0,458
Gemüse, erhitzt								
absolut [g]	77,5	71,2	83,9	64,8	55,6	74,4	0,045	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	31,3	28,8	33,8	39,7	33,9	46,3	0,010	0,800
<b>Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse</b>								
absolut [g]	91,2	85,0	97,2	85,7	73,6	99,2	0,559	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	36,6	34,0	39,2	51,5	44,5	59,2	0,001	0,267
<b>Obst und Obsterzeugnisse (o. Saft)</b>								
Obst								
absolut [g]	137,4	124,6	150,9	114,1	93,6	137,0	0,100	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	55,3	50,3	60,7	70,6	57,7	85,6	0,275	0,990
Obsterzeugnisse								
absolut [g]	13,4	10,9	16,2	9,1	5,4	13,7	0,251	0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	5,3	4,3	6,5	5,3	3,1	8,0	0,525	0,018
<b>Nüsse und Samen</b>								
absolut [g]	3,4	2,6	4,2	1,7	0,8	2,7	0,152	< 0,001
energieadjustiert [g/1000 kcal]	1,3	1,0	1,6	0,9	0,4	1,4	0,255	0,6
								1,5

Fortsetzung – Tabelle A-8

	Männer						Frauen					
	AER (n = 288)			LER (n = 89)			AER (n = 394)			LER (n = 138)		
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>Fette und Öle</b>												
tierische Fette												
absolut [g]	13,4	11,8	15,2	5,8	4,5	7,2	<0,001	10,2	9,1	11,5	5,8	4,4
energieadjustiert [g/1000 kcal]	5,4	4,7	6,0	3,5	2,7	4,2	0,023	5,2	4,7	5,9	4,3	3,4
pflanzliche Fette und Öle												
absolut [g]	14,1	12,0	16,1	12,4	10,0	14,7	0,993	10,2	9,3	11,2	8,2	7,1
energieadjustiert [g/1000 kcal]	5,7	4,9	6,6	7,5	6,0	8,9	0,014	5,3	4,8	5,8	6,4	5,6
<b>Milch, Milcherzeugnisse und Käse</b>												
Milch												
absolut [g]	102,8	87,0	119,0	36,5	25,7	48,6	<0,001	99,8	89,0	112,1	61,4	49,2
energieadjustiert [g/1000 kcal]	40,2	34,4	46,2	21,4	15,4	28,1	0,004	50,6	45,1	57,0	47,4	38,2
Milchmischgetränke												
absolut [g]	9,2	4,8	14,2	1,2	0,0	3,2	0,001	5,8	4,3	7,4	5,2	2,7
energieadjustiert [g/1000 kcal]	3,5	1,8	5,6	0,7	0,0	1,8	0,001	3,0	2,2	3,8	4,1	2,1
Milcherzeugnisse												
absolut [g]	62,7	55,3	70,0	49,9	36,9	63,7	0,137	63,9	57,4	71,5	49,6	40,7
energieadjustiert [g/1000 kcal]	24,7	21,7	27,5	29,5	22,2	37,4	0,998	32,6	29,3	36,3	37,7	31,1
Käse und Quark												
absolut [g]	51,3	47,0	55,9	36,4	30,3	44,5	0,001	49,3	45,7	52,8	34,5	29,5
energieadjustiert [g/1000 kcal]	20,4	18,8	22,3	21,4	17,9	25,6	0,914	25,3	23,4	27,2	26,6	22,6
Eier												
absolut [g]	16,4	14,5	18,5	13,1	10,4	15,9	0,173	12,9	11,7	14,2	10,3	8,5
energieadjustiert [g/1000 kcal]	6,6	5,8	7,3	8,1	6,4	10,0	0,893	6,7	6,1	7,4	8,2	6,7
<b>Fleisch-/erzeugnisse und Wurstwaren</b>												
Fleisch												
absolut [g]	54,4	50,3	58,9	43,7	37,3	50,3	0,055	37,4	34,3	40,4	33,4	28,8
energieadjustiert [g/1000 kcal]	21,5	19,9	23,3	25,6	22,4	29,2	0,083	19,2	17,6	20,7	25,6	38,3
Fleischerzeugnisse und Wurstwaren												
absolut [g]	91,9	85,7	98,2	67,6	59,1	75,6	<0,001	50,6	47,1	54,3	37,7	33,6
energieadjustiert [g/1000 kcal]	36,5	34,1	38,7	40,6	35,8	45,2	0,594	25,9	24,2	27,7	29,2	41,4

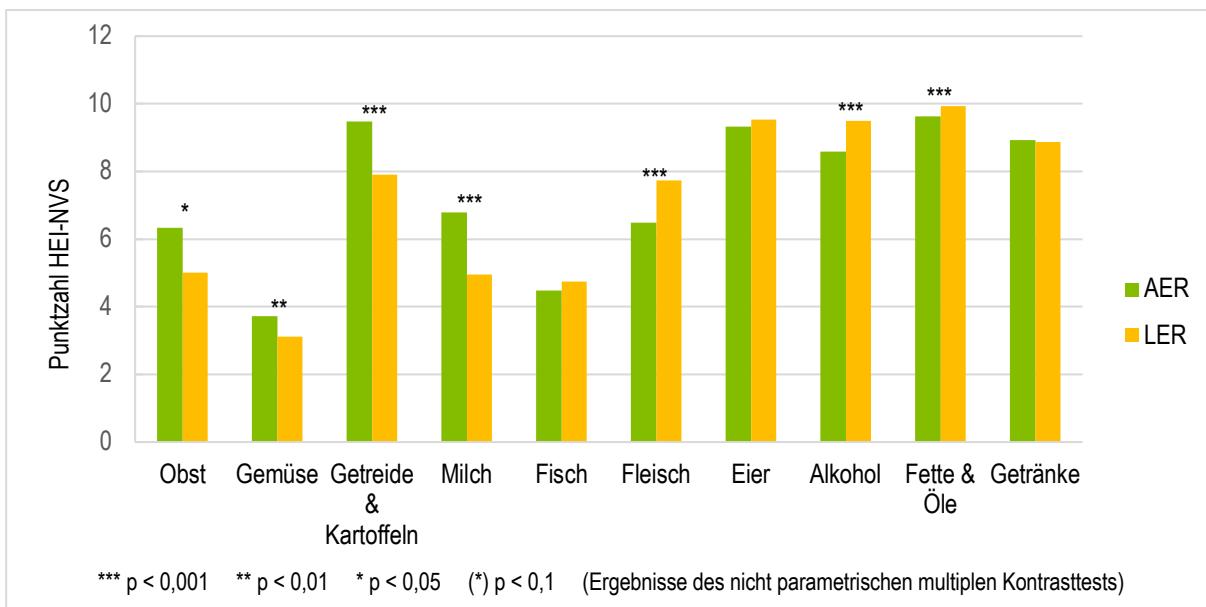
Fortsetzung – Tabelle A-8

	Männer				Frauen			
	AER (n = 288)		LER (n = 89)		AER (n = 394)		LER (n = 138)	
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>Fisch-/erzeugnisse und Krustentiere</b>								
absolut [g]	22,7	19,6	26,0	20,3	15,9	24,8	0,985	17,0
energieadjustiert [g/1000 kcal]	9,0	7,8	10,1	12,6	9,8	15,6	0,257	8,9
<b>Soßen und würzende Zutaten</b>								
absolut [g]	38,7	35,3	42,2	29,1	23,6	34,9	0,001	36,3
energieadjustiert [g/1000 kcal]	15,3	14,0	16,7	17,4	13,8	21,1	0,895	18,7
<b>Stüßwaren</b>								
Süßigkeiten								
absolut [g]	37,5	33,0	42,5	24,0	15,1	34,1	< 0,001	36,1
energieadjustiert [g/1000 kcal]	14,7	13,0	16,5	14,4	8,7	20,8	0,008	18,1
süße Aufstriche								
absolut [g]	17,9	15,9	19,8	10,1	7,6	12,7	< 0,001	15,2
energieadjustiert [g/1000 kcal]	7,2	6,4	7,9	6,4	4,8	7,9	0,193	7,7
<b>alkoholfreie Getränke</b>								
Wasser								
absolut [g]	821,3	743,0	896,8	1001,3	870,5	1143,1	0,020	960,1
Kaffee und Tee (grün, schwarz)								
absolut [g]	467,6	432,2	505,5	396,1	334,7	462,8	0,046	404,8
Kräuter- und Früchtetee								
absolut [g]	127,3	95,7	166,1	96,6	66,3	133,7	0,993	238,4
Fruchtsäfte und Nektare								
absolut [g]	215,3	179,7	247,5	122,6	88,8	161,5	0,005	177,0
energieadjustiert [g/1000 kcal]	84,7	71,6	97,5	76,7	54,7	100,4	0,195	91,1
Limonaladen								
absolut [g]	126,9	101,5	159,3	95,1	57,1	137,1	0,186	80,4
energieadjustiert [g/1000 kcal]	48,5	38,6	59,9	53,3	31,8	76,9	0,496	39,7
sonstige alkoholfreie Getränke								
absolut [g]	38,3	26,5	51,3	50,3	21,1	89,0	0,668	34,9
energieadjustiert [g/1000 kcal]	15,6	10,8	21,0	30,3	11,8	54,6	0,759	17,1

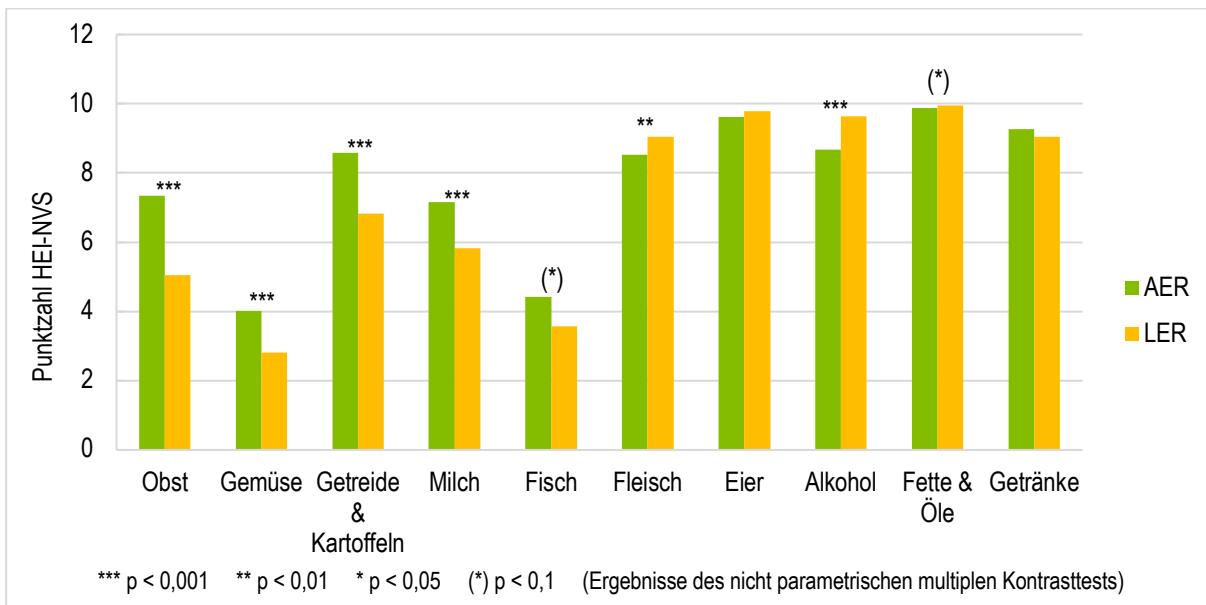
Fortsetzung – Tabelle A-8

	Männer						Frauen					
	AER (n = 288)			LER (n = 89)			AER (n = 394)			LER (n = 138)		
	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>	MW	KI <sup>1</sup>
<b>alkoholische Getränke</b>												
Bier												
absolut [g]	285,1	248,4	325,2	116,6	80,1	155,7	< 0,001	56,6	43,8	70,5	22,4	13,7
energieadjustiert [g/1000 kcal]	111,5	97,4	126,8	68,1	47,9	90,3	0,001	28,0	22,0	34,8	17,9	10,5
Wein und Sekt												
absolut [g]	68,7	52,8	88,7	39,2	20,9	65,3	0,001	67,1	58,4	76,2	24,5	16,6
energieadjustiert [g/1000 kcal]	27,4	20,8	35,4	23,3	13,0	37,3	0,011	35,4	30,7	40,6	19,7	13,2
Spirituosen, sonstige alkoholische Getränke												
absolut [g]	5,3	3,9	7,0	5,6	1,3	11,6	0,006	8,3	5,8	11,0	2,2	0,8
energieadjustiert [g/1000 kcal]	2,1	1,5	2,8	3,5	0,7	7,4	0,011	4,2	2,9	5,5	1,8	0,6

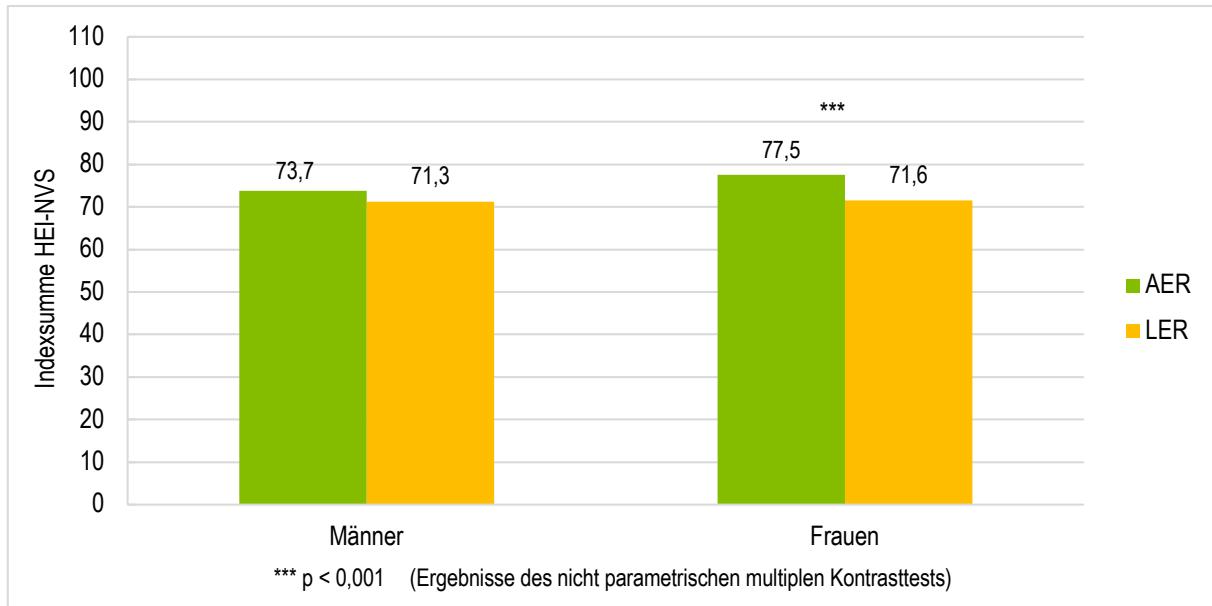
<sup>1</sup>Konfidenzintervall des Mittelwertes; <sup>2</sup> Ergebnis des multiplen Kontrasttests für nicht normalverteilte Daten



**Abbildung A-1:** Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Huang-Ansatz identifiziert) – Männer



**Abbildung A-2:** Durchschnittliche Indexwerte einzelner Lebensmittelgruppen von AER und LER (über den Huang-Ansatz identifiziert) – Frauen



**Abbildung A-3:** Ernährungsqualität - Indexsumme des HEI-NVS von AER und LER (über den Huang-Ansatz identifiziert), getrennt nach Geschlecht

**Tabelle A-9:** Vorkommen von Ernährungsmustern zur Ernährungsqualität nach Geschlecht für Acceptable-Energy-Reporter im Vergleich zu Low-Energy-Reporter (identifiziert über den Huang-Ansatz) (Prozent)

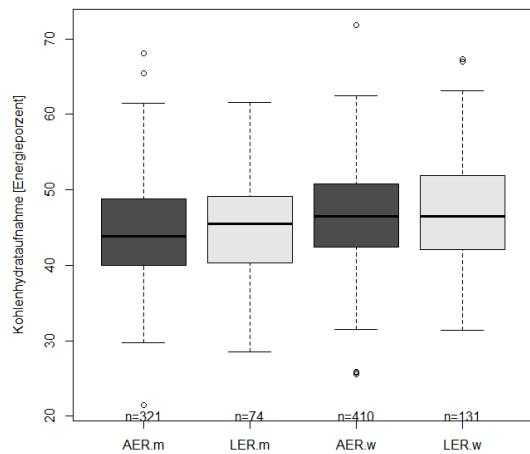
Ernährungsqualität	Männer			Frauen		
	AER (n = 288)	LER (n = 89)	p <sup>1</sup>	AER (n = 394)	LER (n = 138)	p <sup>1</sup>
günstig	30,2 %	20,2 %		42,9 %	20,3 %	
mittel	32,3 %	32,6 %	0,133	34,3 %	32,6 %	< 0,001
ungünstig	37,5 %	47,2 %		22,8 %	47,1 %	

<sup>1</sup> Ergebnis des Chi-Quadrat-Test

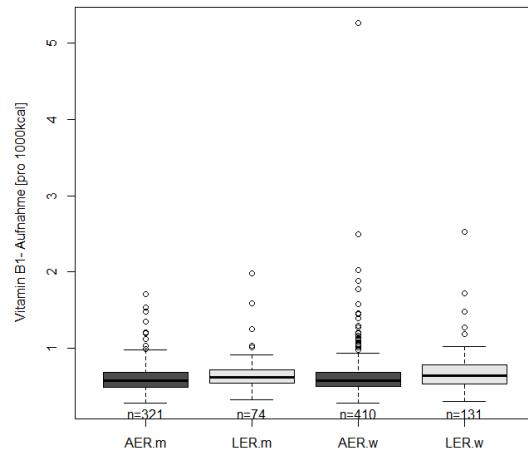
**Tabelle A- 10:** Vorkommen von Ernährungsmustern nach Verarbeitungsgrad der konsumierten Lebensmittel nach Geschlecht für Acceptable-Energy-Reporter im Vergleich zu Low-Energy-Reporter (identifiziert über den Huang-Ansatz) (Prozent)

EM nach Verarbeitungsgrad	Männer			Frauen		
	AER (n = 288)	LER (n = 89)	p <sup>1</sup>	AER (n = 394)	LER (n = 138)	p <sup>1</sup>
EM 1	10,1 %	19,1 %		25,1 %	23,2 %	
EM 2	19,4 %	13,5 %		22,3 %	19,6 %	
EM 3	20,5 %	20,2 %	0,179	19,3 %	23,2 %	0,861
EM 4	25,0 %	21,3 %		17,0 %	17,4 %	
EM 5	25,0 %	25,8 %		16,2 %	16,7 %	

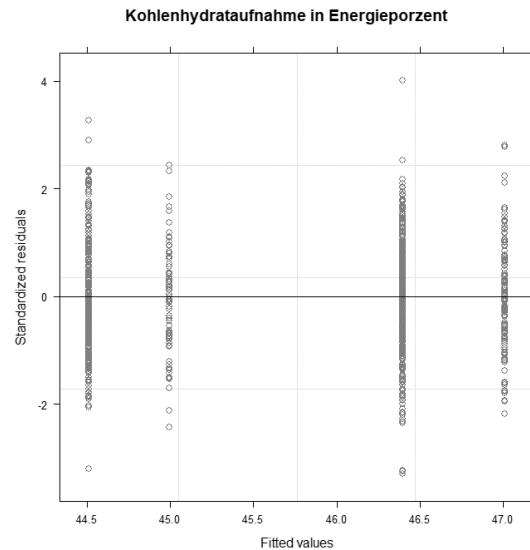
<sup>1</sup> Ergebnis des Chi-Quadrat-Test



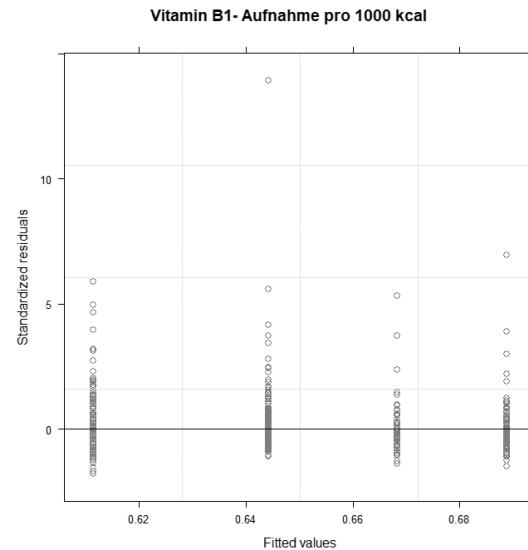
**Abbildung A-4:** Kohlenhydratzufuhr pro Tag in Energieprozent nach Reportingstatus und Geschlecht



**Abbildung A-6:** Thiamin-Zufuhr pro Tag pro 1000 kcal nach Reportingstatus und Geschlecht



**Abbildung A-5:** Residuenplot für die Kohlenhydratzufuhr in Energieprozent



**Abbildung A-7:** Residuenplot für die Thiamin-Zufuhr pro 1000 kcal

**Tabelle A-11:** Energie-, Ballaststoff- sowie Makronährstoffzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) nach Geschlecht

	Gesamt						Männer						Frauen					
	AER (n = 731)			LER (n = 205)			AER (n = 321)			LER (n = 74)			AER (n = 410)			LER (n = 131)		
	MW	SD	MW	SD	p <sup>1</sup>	MW	SD	MW	SD	p <sup>2</sup>	MW	SD	MW	SD	p <sup>2</sup>	MW	SD	p <sup>2</sup>
<b>Energiezufuhr</b>																		
Gesamt [g/kcal]	0,70	0,20	0,56	0,19	< 0,001	0,77	0,19	0,61	0,18	0,65	0,20	0,52	0,19					
nur Lebensmittel - [g/kcal]	1,84	0,40	1,70	0,40	< 0,001	1,98	0,40	1,82	0,43	1,75	0,37	1,62	0,36					
<b>Protein</b>																		
absolut [g/Tag]	75,3	18,6	54,9	16,1		87,1	17,5	62,7	15,9	< 0,001	66,7	14,0	49,8	14,0				
EN% [%]	13,8	2,1	15,3	2,8	< 0,001	13,9	2,1	15,1	2,4		13,8	2,1	15,5	3,0	< 0,001			
<b>Fett</b>																		
absolut [g/Tag]	87,7	24,4	56,1	18,5		101,2	25,1	66,1	19,6	< 0,001	77,8	18,3	49,7	14,5	< 0,001			
EN% [%]	34,9	5,7	33,8	6,3	0,046	35,0	6,2	34,4	6,4		34,8	5,3	33,5	6,3				
<b>Fettqualität</b>																		
SFA - absolut [g/Tag]	38,5	11,8	24,0	8,8		44,1	12,3	27,9	9,5	< 0,001	34,4	9,6	21,6	7,3	< 0,001			
SFA - EN% [%]	15,3	3,1	14,5	3,5	0,002	15,3	3,2	14,4	3,4		15,3	3,1	14,5	3,5				
MUFA - absolut [g/Tag]	29,4	8,7	18,8	6,5		34,3	9,2	22,5	6,9	< 0,001	25,8	6,4	16,4	5,0	< 0,001			
MUFA - EN% [%]	11,7	2,3	11,3	2,3	0,064	11,9	2,4	11,7	2,5		11,5	2,1	11,0	2,2				
PUFA - absolut [g/Tag]	13,8	5,1	9,4	3,6	< 0,001	15,9	5,6	11,2	3,9		12,3	4,2	8,3	2,9				
PUFA - EN% [%]	5,5	1,7	5,7	1,7	0,096	5,5	1,7	5,9	1,7		5,5	1,7	5,6	1,7				
<b>Kohlenhydrate</b>																		
absolut [g/Tag]	248,9	61,8	165,2	42,6		279,8	63,0	186,3	43,6	< 0,001	226,4	50,2	151,6	36,1	< 0,001			
EN% [%]	45,7	6,8	46,5	7,3	0,223	44,6	7,1	45,2	7,2		46,5	6,4	47,3	7,2				
<b>Ballaststoffe</b>																		
absolut [g/Tag]	20,9	6,4	15,0	5,9	< 0,001	22,5	6,8	16,3	5,8		19,8	5,9	14,1	5,7				
EN% [%]	1,8	0,5	2,0	0,7	0,011	1,7	0,5	1,9	0,6		1,9	0,5	2,1	0,7				

<sup>1</sup>Ergebnis des multiplen Kontrasttests bei nicht signifikanten Wechselwirkungen zwischen Misreporting mit dem Geschlecht; <sup>2</sup>Ergebnis des multiplen Kontrasttests bei signifikanten Wechselwirkungen zwischen Misreporting mit dem Geschlecht; SFA: gesättigte Fettsäuren; MUFA: einfach ungesättigte Fettsäuren; PUFA: mehrfach ungesättigte Fettsäuren; EN%: Energieprozent

**Tabelle A-12:** Mikronährstoff - und Alkoholzufuhr von AER im Vergleich zu LER (identifiziert über den Huang-Ansatz) nach Geschlecht

	Männer				Frauen			
	AER (n = 321)		LER (n = 74)		AER (n = 410)		LER (n = 131)	
	Median	[[Q R]	Median	[[Q R]	Median	[[Q R]	Median	[[Q R]
<b>Alkohol</b>								
absolut [g/Tag]	11,54	[3,13 - 27,32]	3,13	[0,36 - 10,02]	< 0,001	6,08	[0,77 - 12,32]	0,35
EN% [%]	3,43	[0,92 - 8,05]	1,35	[0,16 - 4,62]	0,005	2,13	[0,28 - 4,48]	0,21
<b>Thiamin</b>								
absolut [mg/Tag]	1,42	[1,22 - 1,78]	1,03	[0,85 - 1,25]	< 0,001	1,12	[0,94 - 1,37]	0,83
relativ [µg/1000 kcal]	0,58	[0,50 - 0,69]	0,62	[0,52 - 0,73]	0,064	0,58	[0,50 - 0,69]	0,64
<b>Folat (als Folat-Äquivalente)</b>								
absolut [µg/Tag]	250,57	[202,06 - 310,80]	177,25	[129,91 - 222,28]	< 0,001	216,94	[177,91 - 282,66]	138,34
relativ [µg/1000 kcal]	98,68	[83,06 - 120,50]	103,38	[82,25 - 127,60]	0,468	113,99	[92,69 - 142,64]	106,49
<b>Vitamin C</b>								
absolut [mg/Tag]	118,65	[85,03 - 158,63]	86,05	[61,79 - 124,67]	< 0,001	109,47	[80,07 - 153,64]	70,95
relativ [mg/1000 kcal]	45,07	[32,99 - 63,10]	50,70	[35,39 - 78,56]	0,104	56,03	[41,83 - 78,97]	53,85
<b>Vitamin B12</b>								
absolut (µg/Tag)	5,32	[4,39 - 5,32]	3,93	[2,86 - 5,22]	< 0,001	3,94	[30,7 - 5,05]	2,92
relativ [µg/1000 kcal]	2,17	[1,77 - 2,72]	2,39	[1,91 - 3,14]	0,067	2,00	[1,62 - 2,55]	2,23
<b>Zink</b>								
absolut [mg/Tag]	12,02	[10,30 - 13,75]	8,68	[6,94 - 10,25]	< 0,001	9,33	[7,93 - 10,63]	6,92
relativ [mg/1000 kcal]	4,76	[4,21 - 5,33]	5,16	[4,54 - 5,83]	0,002	4,83	[4,29 - 5,40]	5,38
<b>Eisen</b>								
absolut [mg/Tag]	12,84	[11,13 - 14,96]	9,63	[7,61 - 11,15]	< 0,001	10,97	[9,26 - 12,55]	7,36
relativ [mg/1000 kcal]	5,16	[4,61 - 5,78]	5,54	[4,91 - 6,35]	0,001	5,58	[4,96 - 6,35]	5,53
<b>Calcium</b>								
absolut [mg/Tag]	904,81	[698,94 - 1147,67]	631,95	[487,16 - 800,14]	< 0,001	828,11	[683,03 - 1015,45]	602,64
relativ [mg/1000 kcal]	365,15	[291,91 - 450,70]	380,22	[308,53 - 452,84]	0,635	432,39	[360,44 - 514,53]	468,83

