



# MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Die Aufnahme von Ballaststoffen bei erwachsenen ÖsterreicherInnen  
und ihr Zusammenhang mit anthropometrischen Merkmalen

verfasst von | submitted by

Narine Barkhordarian Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien | Vienna, 2024

Studienkennzahl lt. Studienblatt |  
Degree programme code as it appears  
on the student record sheet:

UA 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt |  
Degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von | Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Petra Rust





## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung und Fragestellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literaturübersicht .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Ballaststoffe .....</b>	<b>3</b>
2.1.1 Definition und Struktur .....	3
2.1.2 Ballaststoffquellen .....	7
2.1.3 Nährstoffdichte .....	9
2.1.4 Eigenschaften und physiologische Bedeutung von Ballaststoffen .....	9
2.1.5 Empfohlene Ballaststoffaufnahme .....	12
2.1.6 Gesundheitliche Effekte einer ballaststoffreichen Ernährung.....	14
<b>2.2 Anthropometrie .....</b>	<b>25</b>
2.2.1 Body Mass Index: Definition und Klassifizierung .....	25
2.2.2 Waist-Circumference: Definition und Klassifizierung .....	26
2.2.3 Waist-to-Hip Ratio: Definition und Klassifizierung .....	27
2.2.4 Bioelektrische Impedanzanalyse.....	28
<b>2.3 Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf Körpergewicht und Anthropometrie .....</b>	<b>31</b>
2.3.1 Prävalenz für Übergewicht und Adipositas.....	31
2.3.2 Ballaststoffaufnahme der österreichischen und europäischen Bevölkerung.....	31
2.3.3 Ballaststoffaufnahme und anthropometrische Messgrößen .....	32
<b>3. Methodik .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 Studiendesign und Stichprobe.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2 Erhebungsmethoden.....</b>	<b>38</b>
3.2.1 Online-Fragebogen.....	38
3.2.2 Anthropometrische Messungen .....	38
3.2.3 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll .....	41
3.2.4 Ablauf der Erhebung .....	42
3.2.5 Berechnung des Cut-off Limits nach Goldberg .....	42
3.2.6 Berechnung der Ballaststoffaufnahme .....	43
<b>3.4 Statistische Auswertung.....</b>	<b>45</b>
<b>4. Ergebnisse und Diskussion.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 Beschreibung des Studienkollektivs.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2 Anthropometrische Charakteristika der Stichprobe .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3 Zusammenhang zwischen Ballaststoffempfehlung und         Wasseraufnahme .....</b>	<b>54</b>
<b>4.4 Zusammenhang zwischen Ballaststoffempfehlung und der Mahlzeiten.....</b>	<b>55</b>
<b>4.5 Zusammenhang zwischen Ballaststoffempfehlung und Anteil         ballaststoffreicher Lebensmittelgruppen .....</b>	<b>57</b>

<b>4.6</b>	<b>Zusammenhang des Konsums ballaststoffreicher Lebensmittel und dem Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr mit anthropometrischen Messgrößen .....</b>	<b>62</b>
4.6.1	Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit dem Body Mass Index .....	62
4.6.2	Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit der Waist-Circumference .....	62
4.6.3	Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit der Waist-to-Hip Ratio .....	70
4.6.4	Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit dem Körperfettanteil .....	74
<b>5.</b>	<b>Schlussbetrachtung.....</b>	<b>78</b>
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>84</b>
<b>7.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>86</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>88</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einfluss der physiologischen Vorgänge von Ballaststoffen auf das Körpergewicht .....	19
Abbildung 2: Positionierung des Maßbandes bei der Taillenumfangmessung von Erwachsenen .....	39
Abbildung 3: Platzieren der Elektroden bei Erwachsenen.....	40
Abbildung 4: Mittleres Alter (in Jahren) der Stichprobe, getrennt nach Geschlecht .....	46
Abbildung 5: BS-Dichte-Empfehlung nach Geschlecht .....	48
Abbildung 6: BS-Empfehlung nach Geschlecht .....	49
Abbildung 7: Fehlerbalkendiagramm Wasseraufnahme in L nach BS-Dichte-Empfehlung .....	54
Abbildung 8: Fehlerbalkendiagramm Wasseraufnahme in L nach BS-Empfehlung .....	55
Abbildung 9: Ballaststoffaufnahme in g/Tag/Mahlzeiten ( $\pm$ SD) nach BS-Dichte-Empfehlung .....	56
Abbildung 10: Ballaststoffaufnahme in g/Tag/Mahlzeiten ( $\pm$ SD) nach BS-Empfehlung .....	56
Abbildung 11: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag $\pm$ SD) nach BS-Dichte-Empfehlung .....	59
Abbildung 12: Aufnahmemenge Vollkorn (in g/Tag $\pm$ SD) nach BS-Dichte-Empfehlung .....	59
Abbildung 13: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag $\pm$ SD) nach BS-Empfehlung .....	61
Abbildung 14: Aufnahmemenge Vollkorn (in g/Tag $\pm$ SD) nach BS-Empfehlung.....	61
Abbildung 15: Anteil unter-, normal-, übergewichtiger und adipöser ProbandInnen nach BS-Dichte-Empfehlung .....	65
Abbildung 16: Anteil unter-, normal-, übergewichtiger und adipöser ProbandInnen nach BS-Empfehlung .....	66
Abbildung 17: Anteil ProbandInnen mit keinem, erhöhtem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WC nach BS-Dichte-Empfehlung .....	69
Abbildung 18: Anteil ProbandInnen mit keinem, erhöhtem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WC BS-Empfehlung.....	70
Abbildung 19: Anteil ProbandInnen mit keinem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WHR nach BS-Dichte-Empfehlung.....	73
Abbildung 20: Anteil ProbandInnen mit keinem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WHR nach BS-Empfehlung.....	74
Abbildung 21: Anteil ProbandInnen in Körperfettanteil-Bereich nach BS-Dichte-Empfehlung .....	76
Abbildung 22: Anteil ProbandInnen in Körperfettanteil-Bereich nach BS-Empfehlung .....	77

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung, Herkunft und Quellen der Ballaststoffe .....	5
Tabelle 2: Übersicht der physikochemischen und physiologischen Eigenschaften der Ballaststoffe .....	7
Tabelle 3: Ballaststoffgehalte ausgewählter Nahrungsmittel .....	8
Tabelle 4: Empfohlene Aufnahme der Ballaststoffe internationaler Organisationen .....	13
Tabelle 5: Zusammenfassende Bewertung der Evidenz zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Ballaststoffaufnahme .....	16
Tabelle 6: Internationale Klassifikation von Unter-, Übergewicht und Adipositas nach BMI von Erwachsenen .....	26
Tabelle 7: WHO-Cut-off Werte und Risiko für metabolische Komplikationen des WC .....	26
Tabelle 8: Kombinierte Empfehlungen von BMI und WC für Übergewicht und Adipositas mit Assoziation des Krankheitsrisikos .....	27
Tabelle 9: WHO-Cut-off Werte und Risiko für metabolische Komplikationen der WHR .....	27
Tabelle 10: Berechnete Größen der bioelektrischen Impedanzanalyse .....	29
Tabelle 11: Einteilung des Körperfettanteils (%) bei Erwachsenen .....	41
Tabelle 12: Kategorien Ballaststoffe g/Tag nach Geschlecht und Alter .....	44
Tabelle 13: Kategorien Ballaststoffdichte g/MJ bzw. g/1000 kcal nach Geschlecht und Alter .....	44
Tabelle 14: Anthropometrische Charakteristika der Stichprobe nach BS-Dichte-Empfehlung .....	51
Tabelle 15: Anthropometrische Charakteristika der Stichprobe nach BS-Empfehlung .....	53

## **1. Einleitung und Fragestellung**

Ballaststoffe gehören zu den Nahrungsbestandteilen, welche verschiedene positive gesundheitliche Auswirkungen haben [HAUNER et al., 2012, MERENKOVA et al., 2020]. Der Österreichische Ernährungsbericht 2012 stellte fest, dass die Ballaststoffaufnahme der 18 bis 64-jährigen Erwachsenen unter 30 g/Tag lag bzw. die Ballaststoffdichte unter 3,1 g/MJ für Frauen und unter 3,9 g/MJ für Männer laut D-A-CH Referenzwerte. Im Durchschnitt wurden 22 g Ballaststoffe pro Tag aufgenommen. Bezogen auf die Ballaststoffdichte nahmen Frauen 2,9 g/MJ und Männer 2,2 g/MJ auf [ELMADFA et al., 2012]. Mehrfach wurde schon untersucht, dass die Aufnahme von Ballaststoffen in inversem Zusammenhang mit dem Körpergewicht steht [SLAVIN, 2005; ANDERSON et al., 2009; WANDERS et al., 2011]. Laut dem Österreichischen Ernährungsbericht 2012 liegt die Prävalenz von Übergewicht bei Erwachsenen zwischen 18 und 64 Jahren bei 40 % und davon sind 12 % adipös [ELMADFA et al., 2012].

Bisherige Kohortenstudien und RCT (randomized controlled trials) haben einen inversen Zusammenhang der Gesamt-Ballaststoffaufnahme und anthropometrischen Messgrößen nachgewiesen [JOVANOVSKI et al., 2020; MERENKOVA et al., 2020; VITAGLIONE und MENNELLA, 2020]. Eine Metaanalyse von RCTs, welche die Vollkornaufnahme und anthropometrische Messgrößen analysiert hat, konnte keinen Zusammenhang feststellen [SADEGHI et al., 2019].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Ballaststoffe die Energiedichte der Kost beeinflussen, die Rate der Nährstoffabsorption reduzieren, zu einer längeren Sättigung führen, die Energiehomöostase regulieren und die Fähigkeit besitzen, das Darmmikrobiom zu verändern. Diese Eigenschaften tragen alle zum Ziel das Risiko von Adipositas zu senken. Die spezifische Wirkung der verschiedenen Ballaststoffe hängt von der Verzehrsmenge, den physikalisch-chemischen Eigenschaften (wie Löslichkeit und Viskosität), der Fermentierbarkeit, der Molekularstruktur sowie der Wechselwirkung mit anderen Nahrungsbestandteilen ab. Solange keine weitere Forschung durchgeführt wird, um die Auswirkungen der verschiedenen Ballaststoffe auf die physiologischen



Verdauungsreaktionen zu ermitteln, können daher nur allgemeine und vorsichtige Schlussfolgerungen gezogen werden.

Da das Körpergewicht nicht aussagekräftig genug ist, um auf den Gesundheitsstatus zu schließen, werden verschiedene anthropometrische Messgrößen angewendet. Anthropometrische Messgrößen wie Body Mass Index (BMI) dienen zur Klassifizierung des Körpergewichts, Waist-to-Hip Ratio (WHR) ermittelt das Risiko für metabolische Komplikationen wie Bluthochdruck, Zucker- und Fettstoffwechselstörungen, Waist-Circumference (WC) definiert das Risiko für metabolische Komplikationen in Zusammenhang mit dem Taillenumfang und Körperfettanteil [SCHINDLER und LUDVIK, 2004; LEAN et al., 1996; HAN et al., 1997; KYLE et al., 2004]. Mögliche Folgen eines erhöhten Risikos der metabolischen Komplikationen sind Diabetes Mellitus Typ 2 und Arteriosklerose, welche in einer koronaren Herzerkrankung resultieren können. Die kombinierte Anwendung der Messverfahren, wie z. B. BMI und WC, ermöglicht eine genauere Erfassung der Krankheitsrisiken bei Übergewicht und Adipositas [NHLBI, 2000].

Diese Masterarbeit, welche im Rahmen der Erhebungen zum Österreichischen Ernährungsbericht 2017 verfasst wurde, hat zum Ziel die Zusammenhänge der Ballaststoffaufnahme mit den anthropometrischen Messgrößen BMI, WHR, WC und Körperfettanteil zu untersuchen.

Folgende Forschungsfragen werden in dieser Arbeit beantwortet:

- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Erreichung der Ballaststoffempfehlung laut D-A-CH-Referenzwerten und den anthropometrischen Messgrößen?
- Mit welchen anthropometrischen Messgrößen korreliert die Ballaststoffzufuhr am stärksten?

## 2. Literaturübersicht

### 2.1 Ballaststoffe

#### 2.1.1 Definition und Struktur

Von internationalen Fachgesellschaften gibt es mehrere Definitionen der Ballaststoffe.

Definition der **D-A-CH-Referenzwerte**: „Unter dem Sammelbegriff Ballaststoffe (Nahrungsfasern) werden Bestandteile pflanzlicher Nahrung zusammengefasst, die von den körpereigenen Enzymen des menschlichen Magen-Darm-Trakts nicht abgebaut werden.“ [D-A-CH, 2018]

Definition des **Institute of Medicine (IOM)**: „Ballaststoffe bestehen aus nicht verdaubaren Kohlenhydraten und Lignin und sind Bestandteile von Pflanzen.

Funktionelle Fasern bestehen aus isolierten, nicht verdaubaren Kohlenhydraten und haben einen positiven physiologischen Effekt bei Menschen.“ [IOM, 2001]

Definition des **Codex Alimentarius Commission (CAC)**: „Ballaststoffe sind Kohlenhydratpolymere mit zehn oder mehr Monomereinheiten, welche nicht durch endogene Enzyme im Dünndarm des Menschen hydrolysiert werden können und zu folgenden Kategorien gehören:

- essbare Kohlenhydratpolymere, die in Lebensmitteln, wie diese verzehrt werden, auf natürliche Weise vorkommen,
- essbare Kohlenhydratpolymere, die auf physikalische, enzymatische oder chemische Weise aus Lebensmittelrohstoffen gewonnen werden und laut allgemeinen anerkannten wissenschaftlichen Nachweisen eine positive physiologische Wirkung besitzen,
- essbare synthetische Kohlenhydratpolymere, die laut allgemein anerkannten wissenschaftlichen Nachweisen eine positive physiologische Wirkung besitzen.“ [CAC, 2009]

Nach ihrer chemischen Struktur werden Ballaststoffe in **Saccharide** – Unterteilung in Poly-, Oligo-, Disaccharide; **Nichtsaccharide** – Unterteilung abhängig von der Strukturcharakterisierung der Monomere; und **komplexe Polysaccharide** – Nicht-Stärke-Polysaccharide und resistente Stärken eingeteilt (Tabelle 1).

Die Vertreter der Ballaststoffe sind:

- Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP) – Cellulose, Hemicellulose, Pektin, Hydrocolloide, etc.
- Resistente Oligosaccharide – Fructo-Oligosaccharide (FOS), Galactooligosaccharide (GOS) und weitere resistente Oligosaccharide
- Resistente Stärke – eingeschlossene Stärke, einige Arten von Rohstärke-Körnchen, retrograde Amylase, chemisch und/oder physikalisch modifizierte Stärke
- Lignin ist dem Ballaststoff der Polysaccharide zugeordnet [EFSA, 2010]

Die Ballaststoffe unterscheiden sich durch ihren Zuckerrest und dessen Anordnung (Tabelle 1). Die charakteristischen Zuckerreste der Ballaststoffe sind Glucose, Galactose, Mannose und bestimmte Pentosen [SLAVIN, 2013].

Tabelle 1: Einteilung, Herkunft und Quellen der Ballaststoffe [mod. nach STRÖHLE et al., 2012]

Klasse	Gruppe	Vertreter	Herkunft
<b>Poly-saccharide</b>	Nicht-Stärke-Polysaccharide	Cellulose	• klassischer Faserstoff der pflanzlichen Zellwände
		Hemicellulose (Pentosane)	• Begleitfaserstoff von Cellulose in pflanzlichen Zellwänden
		Pektin	• Gerüst- und Kittsubstanz der Zellwände
		Betaglucan	• Endosperm von Hafer- und Gerstenkörnern
		Guar	• Endosperm der indischen Bohnenart <i>Cyamopsis tetragonolobus</i>
		Psyllium	• Aus Samenschalen von Plantagoarten (z. B. indische Flohsamenschalen) gewonnen
		Inulin	• Reservekohlenhydrat in Pflanzen (z. B. Artischocke und Topinambur)
	Resistente Stärke	Physikalisch resistente Stärke, Resistente Stärkegranula	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Große stärkehaltige Partikel erschweren Zugang der Hydrolasen</li> <li>• Quellen: grob geschrotetes Getreide</li> <li>• Kristalline Struktur der Stärkepartikel erschwert enzymatischen Abbau</li> <li>• Quellen: unreife Bananen, unerhitzte Kartoffeln und Leguminosen</li> </ul>
		Retrogradierte Stärke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsteht nach thermischer Behandlung von Stärken mit nachfolgender Abkühlung</li> <li>• Quellen: Brot, gekochte und abgekühlte Kartoffeln</li> </ul>
<b>Oligo-Saccharid-Ballaststoffe</b>	Oligofructose (Fructooligosaccharide)	–	• Zusatz in pre- und synbiotischen Lebensmitteln
	Oligosaccharide der Raffinosefamilie	Raffinose Stachyose	• Zellwände der Leguminosen
<b>Dissaccharid-Ballaststoffe und deren Derivate</b>	Disaccharide	Lactulose	• Gebildet aus Lactose durch Isomerisierung Quellen: Geringe Konzentrationen in ultrahoherhitzter und sterilisierter Milch
	Zuckeralkohole	Lactitol	• Synthetisch gewonnen durch katalytische Hydrierung von Lactose
<b>Nicht-saccharid-Ballaststoffe</b>		Lignin	• Pflanzliche Zellwände
		Cutin	• Wachsschicht vieler Pflanzen

## **Löslichkeitsverhalten**

Ballaststoffe werden in wasserlösliche und wasserunlösliche Ballaststoffe unterteilt (Tabelle 2).

## **Wasserbindungsvermögen**

Gewisse Ballaststoffe adsorbieren Wasser oder schließen Wasser in ihrer Matrix ein. Der Großteil der Ballaststoffe, mit Ausnahme von Lignin, können Wasser binden (Cellulose ~0,4 ml/g; Hemicellulose ~4–25 ml/g) (Tabelle 2). Wasserlösliche Ballaststoffe, wie Pektin, Guar und Psyllium (= Hydrokolloide) haben ein besonders starkes Wasserverbindungsvermögen und ihre gelbildende Eigenschaft bildet im Wasser viskose Lösungen [THOMAS, 1980].

## **Fermentierbarkeit**

Ballaststoffe werden in unterschiedlichem Ausmaß von der Mikroflora des Dickdarms enzymatisch abgebaut. Durch den Abbau entstehen, neben Gasen, die kurzkettigen Fettsäuren Essigsäure, Propionsäure und Buttersäure und deren Salze Acetat, Propionat, Butyrat. Abhängig von der Ballaststoffkomponente, Passagezeit und Zusammensetzung der intestinalen Mikroflora, unterscheiden sich die Fermentationsrate und das Verhältnis der gebildeten Fettsäuren [BIRD et al., 2010]:

### Fermentationsrate (Tabelle 2)

- Vollständiger Abbau: wasserlösliche Ballaststoffe und resistente Stärken
- 50 bis 70 % Abbau: Hemicellulose
- Bis zu 30 % Abbau: Cellulose
- Kein Abbau: Lignin und Cutin

### Fettsäuresynthese

Pro Gramm fermentiertem Ballaststoff entstehen 0,5 bis 0,6 g kurzkettige Fettsäuren [TOPPING und CLIFTON, 2001]. Das molare Verhältnis von Acetat, Propionat und Butyrat beträgt 60:20:15. Die Bildung der kurzkettigen Fettsäuren liefert ~2 kcal/g Energie und bis zu 70 % nützt der Mensch [EG VO 1169/2011].

Tabelle 2: Übersicht der physikochemischen und physiologischen Eigenschaften der Ballaststoffe [TREPEL, 2004a]

Ballaststoff	Wasserlöslichkeit	Quellfähigkeit	Viskosität, Gelbildung	Elektrische Ladung	Fermentierbarkeit (%)
Cellulose	–	(+)	–	Neutral	10–30
Resistente Stärke	–	+	(+)	Neutral	≈ 100
Lignin	–	–	–	Neutral	0
Hemicellulose	50% – 50% +	++	+	Negativ	50–70
Pektin	+	+++	+++	Negativ	≈ 100
Beta-glucan	+	++++	+++	Neutral	≈ 100
Guar	+	++++	+++	Neutral	≈ 100
Psyllium	+	+	++	Negativ	100
Inulin	+	+	++	Neutral	100

–: nicht vorhanden, +: gering, ++: mittel, +++: stark, ++++: sehr stark

### 2.1.2 Ballaststoffquellen

Besonders ballaststoffreich sind Hülsenfrüchte, welche **> 15 g Ballaststoffe/100 g** enthalten. Vollkornprodukte und Nüsse weisen einen Ballaststoffgehalt von **6–15 g/100 g** auf, stärkearmes Gemüse (z. B. Brokkoli) sowie Obst **< 6 g/100 g** Ballaststoffe (Tabelle 3) [MARLETT und CHEUNG, 1997].

Tabelle 3: Ballaststoffgehalte ausgewählter Nahrungsmittel [SOUCI et al., 2008]

<b>Lebensmittel</b>	<b>Gesamt-Ballaststoff-Gehalt (g/100 g)</b>	<b>Wasserlösliche Ballaststoffe (g/100 g)</b>	<b>Wasserunlösliche Ballaststoffe (g/100 g)</b>
Leinsamen	38,6	19,9	18,7
Linsen (Samen, trocken)	17,0	1,6	15,4
Erbsen (Samen, trocken)	16,7	5,1	11,6
Mandeln	13,5	1,1	12,4
Weizen (ganzes Korn)	13,3	2,9	10,4
Erdnüsse (geröstet)	11,0	k. A.	k. A.
Hafer (ganzes Korn)	9,7	4,8	4,9
Grünkern	8,8	3,4	5,4
Haselnüsse	8,2	0,4	7,8
Himbeeren	4,9	1,2	3,7
Möhren	3,6	1,7	1,9
Birnen	3,3	0,6	2,7
Brokkoli	3,0	1,3	1,7
Blumenkohl	2,9	0,5	2,4
Kürbis	2,2	0,9	1,3
Kartoffel	2,1	0,9	1,2
Weizenmehl (Typ 405)	2,0	1,7	2,3
Apfel	2,0	0,5	1,5
Bananen	1,8	0,6	1,2
Zwiebeln	1,8	0,3	1,5

Ernährungsphysiologisch ist die Zusammensetzung der einzelnen Ballaststoffgruppen eines Lebensmittels von Bedeutung. Cellulose und Hemicellulose sind überwiegend in Vollkornprodukten und Hülsenfrüchten enthalten, Pektin in Obst und Gemüse [MARLETT und CHEUNG, 1997].

### 2.1.3 Nährstoffdichte

Nährstoffreiche Lebensmittel sind Lebensmittel, welche im Vergleich zu nährstoffarmen Lebensmitteln mehr Nährstoffe und weniger Kalorien besitzen [DREWNOWSKI, 2005]. Die Nährstoffdichte ist das Verhältnis von Nährstoffen ( $\mu\text{g}$ ,  $\text{mg}$ ,  $\text{g}/100\text{ g}$ ) und Energie ( $\text{MJ}/100\text{ g}$ ) der Nahrung. Um festzustellen, ob ein Lebensmittel eine gute Quelle für einen gewissen Nährstoff ist, wird zur Berechnung folgende Formel angewendet:

$$\text{Nährstoffdichte} = \frac{\text{Nährstoffgehalt } (\mu\text{g}, \text{mg}, \text{g}/100\text{ g})}{\text{Brennwert } (\text{MJ}/100\text{ g})}$$

Obst, Gemüse, Hülsenfrüchte, Vollkorn, mageres Fleisch und fettarme Milchprodukte werden zu den Lebensmitteln mit einer hohen Nährstoffdichte gezählt [WHO, 2003]. Durch den geringen Energiegehalt bei gleichzeitig hohem Nährstoffgehalt ergibt sich eine hohe Nährstoffdichte. Ersichtlich ist, dass nährstoffreiche Lebensmittel wie Vollkorn, Hülsenfrüchte, Obst und Gemüse eine gute Ballaststoffquellen darstellen. Nüsse gehören auch zu den Ballaststoffquellen. Sie haben aufgrund ihres natürlichen hohen Fettgehalts eine hohe Energiedichte, aber gleichzeitig einen hohen Anteil wertvoller Nährstoffe [BECHTHOLD, 2014].

Mehrere Studien haben nachgewiesen, dass der Verzehr von Lebensmitteln mit einer niedrigen Energiedichte, wie Obst, Gemüse, Vollkornprodukte, das Sättigungsgefühl aufrechterhält, gleichzeitig die Energieaufnahme verringert und somit das Risiko für Übergewicht/Adipositas senkt [RAYNOR et al. 2011; PEREZ-ESCAMILLA et al. 2012; KARL und ROBERTS 2014; ROUHANI et al., 2016; STELMACH-MARDAS et al., 2016].

### 2.1.4 Eigenschaften und physiologische Bedeutung von Ballaststoffen

#### Wirkungen in der Mundhöhle

Ballaststoffhaltige Nahrungsmittel mit Faserstrukturen, die Cellulose und Lignin enthalten, sind aufgrund der höheren Festigkeit länger und intensiver zu kauen.

Durch die vermehrte Kautätigkeit wird mehr Speichel produziert. Ebenso steigt das Bicarbonat des Speichels an und dieser agiert als Puffer. Diese beiden Effekte haben schützende Funktionen für die Zähne. Einerseits werden die Zähne durch den vermehrten Speichel umspült und Nahrungsreste entfernt, andererseits neutralisiert



der alkalische Speichel die Säuren der Mundhöhle [WATZL und LEITZMANN, 1999]. Da die Nahrung länger in der Mundhöhle verweilt, werden spezifische Verdauungssignale ausgelöst, die den Verdauungstrakt auf die aufgenommene Nahrung vorbereiten. Diese scheint einen Einfluss auf die Sättigung zu haben [MIQUEL-KERGOAT et al., 2015; WIJLENS et al., 2012].

### **Wirkungen im Magen**

Es wurde nachgewiesen, dass viskose Ballaststoffe die Magenfunktion beeinflussen. Mit ihrer wasserbindenden Eigenschaft erhöhen sie die Volumenviskosität des Nahrungsbreis. Dies führt zu einer verlangsamten Entleerung der Mageninhalts und einer verstärkten Magendehnung [DE GRAAF et al., 2004].

### **Wirkungen im Dünndarm**

NSP wie Pektin, Betaglukan, Guar, Psyllium und Inulin tragen zu einer erhöhten Viskosität bei. Diese reduziert bzw. verzögert die Absorption von Kohlenhydraten und Fett im oberen Teil des Dünndarms. Der Effekt ist zum einen auf den verhinderten Transport der Nährstoffe zu der absorbierenden Oberfläche zurückzuführen. Zum anderen erreichen Verdauungsenzyme wie Amylase und Lipase die Makronährstoffe erschwert. NSP beeinflussen die Blutzuckerreaktion und die Gesamt- und LDL-Cholesterinkonzentrationen, indem sie der Verdauung und Absorption von Kohlenhydraten und Cholesterin bzw. Gallensäuren entgegenwirken. Dies führt zu niedrigeren Blutkonzentrationen von Glucose, Insulin und Cholesterin [BROWNLIE, 2011; ISAKSSON et al., 1982].

Die wasserlöslichen Ballaststoffe Pektin, Psyllium, Guar und Lignin senken die Nüchtern-Plasma-Cholesterin-Konzentration beim Menschen durch die Modifikationen des Gallensalzstoffwechsels. Gallensalze, die an Ballaststoffe gebunden sind, werden im Pfortaderblut nicht rückresorbiert und somit ausgeschieden. Dies führt zu einem Mangel an Gallensäuren in der Leber. Folglich wird Cholesterin von den Hepatozyten rascher katabolisiert, um den Gallensäure-Pool über die Aktivierung der Cholesterin-7 $\alpha$ -Hydroxylase wieder aufzufüllen. Darüber hinaus werden auch Cholesterinester verstoffwechselt und die Produktion von LDL-Cholesterin-

Oberflächenmembranrezeptoren erhöht, um die Aufnahme von LDL-Cholesterin aus dem Blutkreislauf zu verbessern und in Folge die Cholesterinkonzentration im Blut zu senken [GUNNESS und GIDLEY, 2010].

Ballaststoffe haben des Weiteren Einfluss auf die Ausschüttung der Sättigungshormone wie Ghrelin im Dünndarm und verändern die Absorptionsrate von Nährstoffen. Die dadurch verlängerte Anwesenheit von Nährstoffen im Dünndarm beeinflusst die Freisetzung von Peptiden, welche sich auf die Magenentleerung und die Signalwirkung an das zentrale Nervensystem auswirken. Hierbei begünstigen Guar und Fructooligosaccharide die Freisetzung des Sättigungssignales Glucagon-like Peptide 1 [GAßMANN, 2003; WEICKERT und PFEIFFER, 2008].

### **Wirkungen im Kolon und Rektum**

Ballaststoffe haben abhängig vom Grad der Fermentation unterschiedliche Fülleigenschaften, die sich auf die Stuhlbildung auswirken. Kaum fermentierende Ballaststoffe wie z. B. Lignin binden im distalen Dickdarm Wasser, welches das Stuhlvolumen erhöht. Stark fermentierende Ballaststoffe wie z. B. Pektin tragen zu einer Vermehrung der mikrobiellen Zellmasse des Stuhls bei [MEIER, 2017].

Propionsäure und Butyrat können die Cholesterinsynthese und möglicherweise die Insulinsensitivität beeinflussen. Fermentierende Ballaststoffkomponenten, einschließlich der Oligosaccharide, die oft als „Präbiotika“ bezeichnet werden, fördern das Wachstum der Bifidobakterien und Lactobazillen. Diese produzieren Lactat und kurzkettigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat [GIBSON und ROBERFROID, 1995]. Diese senken den pH-Wert des Dickdarms. Die Ansäuerung bedingt, dass Ammoniak zu Ammonium protoniert, die Absorption von Mineralien, insbesondere Calcium, stimuliert und die Bildung potenzieller karzinogener Stoffe aus den Gallensäuren hemmt. Butyrat ist die Hauptenergiequelle für die Schleimhaut des Kolons und wirkt sich auf die Zelldifferenzierung und Apoptose aus. Acetat und Propionat werden aus dem Dickdarm absorbiert und liefern somit Energie [CUMMINGS et al., 2004].

Weiters beeinflusst die Zufuhr von wasserunlöslichen Ballaststoffen die Darmperistaltik. Diese binden effektiv Wasser, beschleunigen den Transit und erhöhen die Defäkationsfrequenz [KASPER, 2014].

### **2.1.5 Empfohlene Ballaststoffaufnahme**

Für die Ballaststoffaufnahme gibt es keine international einheitliche Empfehlung. Die European Food Safety Authority (EFSA) hat 2010 eine empfohlene Zufuhr, basierend auf der überzeugenden Evidenz der Ballaststoffe auf die Darmtätigkeit, ausgesprochen. Das Gremium betonte, dass laut Studien eine Zufuhr von > 25 g/Tag das Risiko von koronaren Herzerkrankungen und Diabetes Mellitus Typ 2 senkt und zu einer besseren Gewichtsstabilisierung führt. Diese Evidenzen sollten in Betracht gezogen werden, wenn lebensmittelbasierte Ernährungsempfehlungen entwickelt werden [EFSA, 2010].

Die Joint World Health Organization/Food and Agriculture Organization (WHO/FAO) Konsultation empfiehlt eine Aufnahme von  $\geq 400$  g/Tag Obst und Gemüse und Vollkornlebensmittel von > 20 g/Tag aus Nicht-Stärke-Polysacchariden, welche einer Gesamtballaststoffaufnahme von > 25 g/Tag entspricht. Eine ausreichende Aufnahme von NSP aus Vollkorngetreide, Hülsenfrüchten Obst und Gemüse bietet potenzielle gesundheitliche Vorteile, wie die Prävention von Adipositas, Diabetes, koronare Herzkrankheit und verschiedene Krebsarten [NISHIDA et al., 2004; MANN et al., 2007]. Die D-A-CH Referenzwerte haben als Richtwert der Ballaststoffzufuhr für Erwachsene mindestens 30 g/Tag festgelegt, welche bei Frauen 3,9 g/MJ bzw. 16,7 g/1000 kcal und Männern 3,1 g/MJ bzw. 13 g/1000 kcal entspricht (25 bis unter 51 Jahre, PAL 1,4) [D-A-CH, 2018].

Die Nordic Nutrition Recommendations (NNR) empfiehlt eine Zufuhr von mindestens 25–35 g/Tag bzw. 3 g/MJ. Sie betonen, dass eine adäquate Ballaststoffaufnahme das Risiko für Obstipation senkt und zu einem geringeren Risiko für kolorektale Tumoren und Diabetes mellitus Typ 2 beiträgt. Darüber hinaus unterstützen ballaststoffreiche Lebensmittel ein gesundes Körpergewicht [NORDEN, 2012].

Die American Dietetic Association (ADA) spricht Empfehlungen auf der Grundlage aus, dass Populationen mit einer hohen Aufnahme an Ballaststoffen weniger an chronischen Krankheiten leiden. Zusätzlich hat die Ballaststoffzufuhr einen positiven Effekt auf

Risikofaktoren, welche für die Entstehung von verschiedenen chronischen Krankheiten eine Rolle spielen [SLAVIN, 2008].

Die Dietary Guidelines for Americans (DGA) empfehlen eine Ballaststoffzufuhr von 14 g/1000 kcal. Für Frauen im Alter von 19 bis 30 Jahren werden 28 g, von 31 bis 51 Jahren 25 g/Tag und über 51 Jahren 22 g/Tag empfohlen. Für Männer im Alter von 19 bis 30 Jahren werden 34 g/Tag, von 31 bis 51 Jahren 31 g/Tag und über 51 Jahren 28 g/Tag empfohlen [USDA und HHS, 2020; IOM, 2005].

Das Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN) empfiehlt eine durchschnittliche Aufnahme von 30 g/Tag Ballaststoffen. Die Aufnahme soll über den Verzehr verschiedener Nahrungsquellen erreicht werden [SACN, 2015].

Tabelle 4: Empfohlene Aufnahme der Ballaststoffe internationaler Organisationen

Institution	Geschlecht und Alter	Zufuhrempfehlung
D-A-CH	Alle	30 g/Tag
	<u>Frauen</u>	
	19 bis unter 25 Jahre	3,8 g/MJ bzw. 15,8 g/1000 kcal
	25 bis unter 51 Jahre	3,9 g/MJ bzw. 16,7 g/1000 kcal
	51 bis unter 65 Jahre	4,2 g/MJ bzw. 17,6 g/1000 kcal
	<u>Männer</u>	
	19 bis unter 25 Jahre	3,0 g/MJ bzw. 12,5 g/1000 kcal
	25 bis unter 51 Jahre	3,1 g/MJ bzw. 13 g/1000 kcal
	51 bis unter 65 Jahre	3,3 g/MJ bzw. 13,6 g/1000 kcal
EFSA	Alle	25 g/Tag
NNR	Alle	25–35 g/Tag bzw. 3 g/MJ
DGA	Alle	14 g/1000 kcal
	<u>Frauen</u>	
	19 bis 30 Jahre	28 g/Tag
	31 bis 51 Jahre	25 g/Tag
	> 51 Jahre	22 g/Tag
	<u>Männer</u>	
	19 bis 30 Jahre	34 g/Tag
	31 bis 51 Jahre	31 g/Tag
	> 51 Jahre	28 g/Tag
FAO/WHO	Alle	> 20 g/Tag NSP bzw. > 25 g/Tag Gesamt-BS
SACN	Alle	30 g/Tag

Für die Ballaststoffzufuhr ist kein Tolerable Upper Limit festgelegt, da diese keine nachweislich signifikant negativen Auswirkungen auf den Mineralstoffhaushalt oder Magen-Darm-Funktion hat [IOM, 2005]. Durch die Fermentierung von Ballaststoffen sowie anderen unverdauten Kohlenhydraten und Proteinen entstehen Darmgase und einige gastrointestinale Nebenwirkungen, insbesondere Blähungen. Diese Nebenwirkungen sind tolerierbar hinsichtlich den vielen gesundheitlichen Vorteilen einer ballaststoffreichen Ernährung [DAHL und STEWART, 2015].

Da Ballaststoffe die Adsorption von Wirkstoffen in Medikamenten herabsetzen können, sollten Medikamente nicht gleichzeitig mit einer ballaststoffreichen Mahlzeit eingenommen werden [FUGH-BERMAN, 2000].

### **2.1.6 Gesundheitliche Effekte einer ballaststoffreichen Ernährung**

#### **Ballaststoffhypothese**

Die Ballaststoffhypothese von BURKITT und TROWELL [1975] besagt, dass eine zucker- und eiweißreiche ballaststoffarme Ernährung in den Industriestaaten die Ursache für viele Zivilisationskrankheiten, wie chronisch entzündliche Darmerkrankungen, Hypertonie, Obstipation usw., ist. Diese Hypothese hält sich bis heute, da Menschen in Entwicklungsländern, wie Afrika und Indien, durch eine verwestlichte Ernährung nicht die entsprechende Menge an Ballaststoffen aufnehmen und folglich in erhöhtem Maße von diesen Erkrankungen betroffen sind. Somit wurde ein Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Ballaststoffen und daraus folgender Funktionsstörungen und Erkrankungen abgeleitet [BURKITT und TROWELL, 1975; TROWELL, 1972].

#### **Leitlinie Kohlenhydratzufuhr**

Die Leitlinie „Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten“ [2012] der DGE hat Evidenzen zu Ballaststoffen und verschiedener Krankheiten festgestellt (Tabelle 5). Eine hohe Zufuhr an Gesamtballaststoffen senkt mit wahrscheinlicher Evidenz das Risiko für Adipositas, Hypertonie und koronare Herzkrankheit und mit möglicher Evidenz das Risiko für Dyslipoproteinämie und maligne kolorektale Tumore. Eine hohe Aufnahme von Ballaststoffen aus Getreideprodukten hat mit wahrscheinlicher Evidenz einen

senkenden Effekt auf Diabetes Mellitus Typ 2 (DM Typ 2) und maligne Tumore im Dickdarm und mit möglicher Evidenz für koronare Herzkrankheit und bösartige Tumore des Magens. Eine hohe Aufnahme von Vollkornprodukten senkt mit wahrscheinlicher Evidenz das Risiko für Diabetes Mellitus Typ 2, Hypertonie und koronare Herzkrankheit und mit überzeugender Evidenz die Serumlevel von Gesamt- und LDL-Cholesterin. Mit überzeugender Evidenz vermindert die hohe Zufuhr von löslichen Ballaststoffen die Konzentrationen von Gesamt- und LDL-Cholesterin. Eine hohe Aufnahme von löslichen und unlöslichen Ballaststoffen senkt mit wahrscheinlicher Evidenz das Risiko für koronare Herzkrankheiten [HAUNER et al., 2012].

Tabelle 5: Zusammenfassende Bewertung der Evidenz zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Ballaststoffaufnahme [mod. nach HAUNER, 2012]

Risiko für	Gesamt-BS	Vollkorn- produkte	BS aus Getreide- produkten	Lösliche BS	Unlösliche BS	BS aus Obst	BS aus Gemüse
<b>Adipositas</b> <i>Erwachsene</i>	↓↓	↓					
<b>Diabetes mellitus Typ 2</b>	o	↓↓	↓↓	o	~	oo	oo
<b>Dyslipoproteinämie</b> <i>Gesamt-/LDL-Cholesterin</i> <i>HDL</i> <i>TG</i>	↓ oo ooo	↓↓↓ ooo ooo		↓↓↓ ↓↓↓ ooo			
<b>Hypertonie</b>	↓↓	↓↓					
<b>Metabolisches Syndrom</b>	o	~					
<b>KHK</b>	↓↓	↓↓	↓	↓↓	↓↓	↓	o
<b>Tumorkrankheiten</b> <b>Magen</b> <b>Kolorektum</b>	~ ↓		↓ ↓↓				

Evidenz	Risiko erhöhend	Risiko senkend	Kein Zusammenhang
Überzeugend	↑↑↑	↓↓↓	ooo
Wahrscheinlich	↑↑	↓↓	oo
Möglich	↑	↓	o
Unzureichend	~	~	
Keine Studie identifiziert	–		

### **Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf Übergewicht und Adipositas**

Daten zweier Querschnittsstudien ( $n = 100.000$ ) konnten nachweisen, dass das Adipositasrisiko um 23 % geringer ist bei Individuen, welche die höchste Ballaststoffaufnahme haben ( $RR = 0,77$ ; 95 % CI: 0,68–0,87), im Vergleich zu jenen mit der niedrigsten Aufnahme [ANDERSON et al., 2009]. Eine inverse Assoziation zwischen Körpergewicht und Ballaststoffzufuhr konnte in der 6,5-jährigen Nachbeobachtungsperiode der European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Studie ebenso festgestellt werden. Wenn um 10 g mehr Ballaststoffe aufgenommen werden, sinkt das Körpergewicht um -0,39 g/Jahr (95% CI: -71, -7) [DU et al., 2010]. Die Auswertung von 17 Kohortenstudien, welche 563.277 StudienteilnehmerInnen inkludierte, konnte nachweisen, dass eine Mehrzufuhr von Obst invers in Zusammenhang mit dem Körpergewicht steht ( $\beta$ -Koeffizient pro 100 g Erhöhung: -13,68 g/Jahr; 95 % CI: -22,97, -4,40). Eine Mehrzufuhr von Obst und Gemüse senkte das Adipositasrisiko um 9 % (Odds Ratio (OR) = 0,91; 95% CI: 0,84, 0,99), von Obst um 17 % (OR = 0,83; 95 % CI: 0,71, 0,99) und von Gemüse um 17 % (OR = 0,83; 95 % CI: 0,70, 0,99) [SCHWINGSHACKL et al., 2015]. Die Analyse von drei prospektiven Kohortenstudien von BERTOIA et al. [2015] zeigt, dass ein erhöhter Konsum von Obst/Tag (-0,24; 95 % CI: -0,28, -0,20) und nicht-stärkehaltigem Gemüse/Tag (-0,11; 95% CI: -0,16, -0,06) invers mit einer vierjährigen Gewichtsänderung zusammenhängt. Die systematische Übersichtsarbeit von zehn Kohortenstudien hat nachgewiesen, dass eine erhöhte Zufuhr von Gemüse im Vergleich zu einer niedrigen mit einem reduzierten Risiko für Gewichtszunahme und Übergewicht oder Fettleibigkeit (ORs von 0,18 bis 0,88) assoziiert ist. Eine der Studien zeigte, dass eine tägliche Aufnahme von > 4 Portionen Gemüse das Risiko einer Gewichtszunahme (OR = 0,27; 95 % CI: 0,08, 0,99) reduziert [NOUR et al, 2018].

Eine systematische Übersichtsarbeit zu Ballaststoffen und Gewichtsreduktion hat festgestellt, dass eine um 14 g erhöhte Ballaststoffzufuhr pro Tag im Zeitraum von vier Monaten das Gewicht um 1,9 kg reduziert. Bei Personen mit Übergewicht bzw. Adipositas um 2,4 kg und bei Normalgewichtigen um 0,8 kg [HOWARTH et al., 2001]. Die Auswertung von 21 randomisierten placebokontrollierten Studien: fünf RCT



(randomized controlled trials) mit ballaststoffreichen Lebensmitteln und 16 RCT mit Ballaststoffsupplementen hat eine Reihe von Ergebnissen hervorgebracht. Die Zufuhr von ballaststoffreichen Lebensmitteln über acht Wochen führte in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zu einer 1 kg höheren Gewichtsreduktion. Die Einnahme von Ballaststoffen in Kapseln mit einer Dosis von 4,5 bis 20 g/Tag zeigte im 12-wöchigen Zeitraum eine um 2,2 kg höhere Gewichtsreduktion der Interventionsgruppe [ANDERSON et al., 2009]. Der systematische Review von 59 RCT hat die Wirkung nach Abhängigkeit von Nahrungsfasertyp und -dosis auf das Körpergewicht ausgewertet. Im Mittel zeigen 11 g/Tag Ballaststoffe, unabhängig von der Art, im Zeitraum von elf Wochen einen Gewichtsverlust von 0,7 kg. Lösliche Ballaststoffe (besonders Fructane) und aquatische Polysaccharide (Alginate und Agar) sind sehr wirksam für die Gewichtsreduktion. In einem 11 bis 13-wöchigen Zeitraum reduziert sich das Gewicht um 3,5 und 6,3 kg bei einer Aufnahme von 10 bis 14 g/Tag. Das entspricht einem Gewichtsverlust von 1,7 % pro Monat. Im selben Zeitraum kommt es zu einer 0,3 bis 0,95 %igen Gewichtsreduktion (entspricht 0,7 bis 1,0 kg) mit Chitosan und Glukomannanen bzw. Dextrin und Weizenkleie. Diese Effekte beruhen auf dem Dosis-Wirkungs-Prinzip. Eine Erhöhung um 1 g/Monat Ballaststoffe senkt das Körpergewicht um 0,014 %. Mit Chitosan ist dieser Zusammenhang deutlich. Die durchschnittliche Gewichtsreduktion von ca. 0,4 % wirkt minimal, welche 320 g/Monat bei einer Person mit 80 kg entspricht [WANDERS et al., 2011]. Die Metaanalyse von KIM et al. [2016] mit 21 RCT (n = 940) zeigte eine signifikante Gewichtsreduktion von 20,34 kg (95% CI: 20,63, 20,04 kg; p = 0,03) in Diäten mit Hülsenfrüchten (mittlere Aufnahme von 132 g/Tag) verglichen mit Diäten ohne Hülsenfrüchte über eine Interventionsdauer von sechs Wochen.

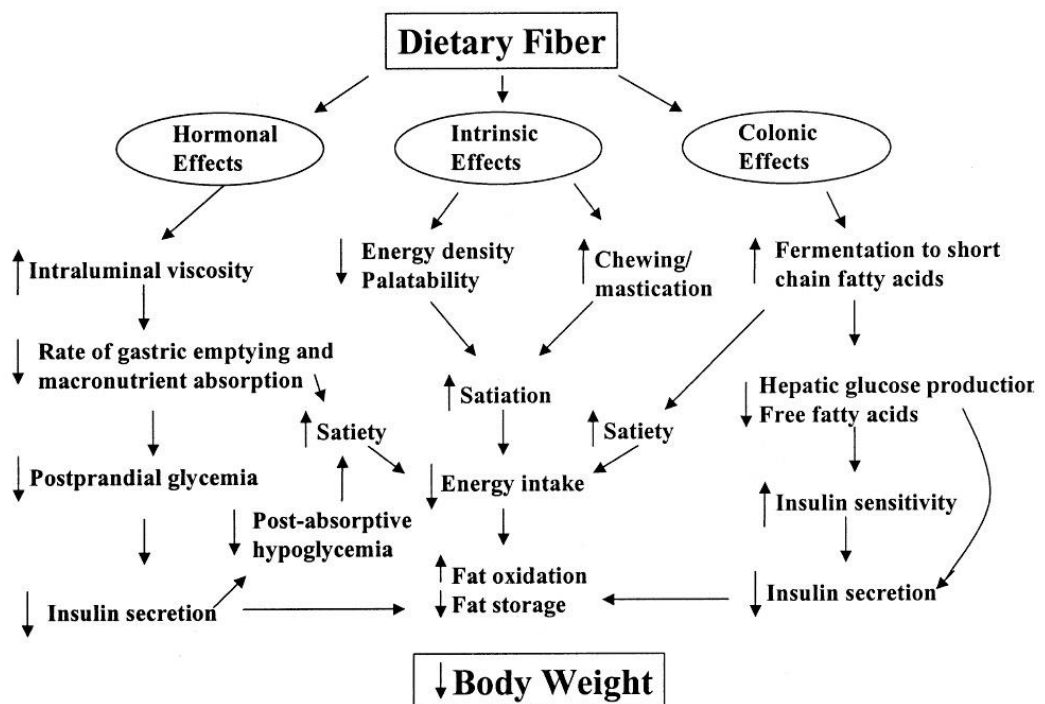


Abbildung 1: Einfluss der physiologischen Vorgänge von Ballaststoffen auf das Körpergewicht [SLAVIN, 2005]

Abbildung 1 zeigt wie die Ballaststoffaufnahme die Regulation des Körpergewichts beeinflusst. Ballaststoffe wirken intrinsisch, hormonell und im Kolon. Diese Effekte wirken auf die Sättigung. In weiterer Folge sinkt die Energieaufnahme, welche langfristig zu einer Reduktion des Körpergewichts führt.

## **Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf Diabetes mellitus Typ 2**

Eine Metaanalyse von neun prospektiven Kohortenstudien stellte fest, dass Personen im obersten Quintil oder Quartil der Aufnahme von Getreidefasern ein um 33 % reduziertes Erkrankungsrisiko hatten (Relative Risk (RR) = 0,67; 95 % CI: 0,62, 0,72). Bei einer Ballaststoffzufuhr aus Obst (RR = 0,96; 95 % CI: 0,88, 1,04) bzw. Gemüse (RR = 1,04; 95 % CI: 0,94, 1,15) zeigte sich keine Assoziation mit dem Diabetesrisiko [SCHULZE et al., 2007b]. Eine weitere Metaanalyse von sechs Kohortenstudien fand heraus, dass eine Mehrzufuhr von 2 Portionen/Tag Vollkornprodukte das Erkrankungsrisiko um 21 % senkt (RR = 0,79; 95 % CI: 0,72, 0,87) [DE MUNTER et al., 2007]. Die Metaanalyse von YE et al. [2012] konnte nachweisen, dass jene, die 48–80 g Vollkorn/Tag (3–5 Portionen/Tag) konsumierten, im Vergleich zu nie/seltenen Konsumierenden von Vollkornprodukten ein um 26% geringeres DM Typ 2-Risiko hatten (RR = 0,74; 95% CI: 0,69, 0,80). Die EPIC-InterAct Studie inklusive einer Metaanalyse von 18 Kohortenstudien zeigte folgende Ergebnisse: eine erhöhte Ballaststoffaufnahme (> 26,4 g/Tag) im Vergleich zu einer niedrigen (< 18,9 g/Tag) war mit einem niedrigeren Risiko von DM Typ 2 assoziiert (Hazard Ratio (HR) Q4 vs. Q1 0,82; 95% CI: 0,69, 0,97). Vergleichbare Zusammenhänge wurden bei Ballaststoffaufnahmen aus Getreide und Gemüse beobachtet, jedoch nicht bei einer Ballaststoffzufuhr aus Obst. Nach Anpassung des BMI waren die Assoziationen nicht mehr statistisch signifikant. In der Metaanalyse betrug das RR pro 10 g/Tag für Gesamtballaststoffe 0,91 (95 % CI: 0,87, 0,96), für Getreidefasern 0,75 (95 % CI: 0,65, 0,86), für Ballaststoffe aus Obst 0,95 (95 % CI: 0,87, 1,03) und für Ballaststoffe aus Gemüse 0,93 (95 % CI 0,82, 1,05) [INTERACT CONSORTIUM, 2015]. Die prospektive Bewertung von 3.349 TeilnehmerInnen an der PREvención con Dieta MEDiterránea (PREDIMED-) Studie hat nach einer medianen Nachbeobachtungszeit von 4,3 Jahren nachgewiesen, dass jene Personen im höchsten Quartil der Aufnahme von Hülsenfrüchten (34,6 g/Tag) und Linsen (9,97 g/Tag) ein signifikant geringeres DM Typ 2 Risiko haben als Personen im niedrigsten Quartil (HR = 0,65; 95% CI: 0,43, 0,96 und HR = 0,67; 95% CI: 0,46, 0,98). Eine borderline-signifikante Assoziation wurde auch beim Konsum von Kichererbsen beobachtet (HR = 0,68; 95% CI: 0,46, 1,00) [BECERRA-TOMÀS et al., 2018].

### **Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf Gesamt- und LDL-Cholesterin**

Die Metaanalyse von 67 Interventionsstudien mit einer mittleren Studiendauer von 49 Tagen zeigte eine signifikante Senkung der Gesamtcholesterinkonzentration (-0,045 mmol/g lösliche Ballaststoffe; 95 % CI: -0,054, -0,035) und LDL-Konzentration (-0,057 mmol/g lösliche Ballaststoffe; 95 % CI: -0,070, -0,044) bei der Aufnahme von 2 bis 10 g/Tag löslicher Ballaststoffe [BROWN et al., 1999]. TALATI et al. [2009] konnten in der Metaanalyse mit acht RCT nachweisen, dass die tägliche Aufnahme von 3 bis 10 g  $\beta$ -Glucan aus Gerste über einen Zeitraum von vier bis zwölf Wochen die Gesamtcholesterinkonzentration (-13,38 mg/dl; 95 % CI: -18,46, -8,31), LDL-Konzentration (-10,02 mg/dl; 95 % CI: -14,03, -6,00) und den Triglyceridspiegel im Plasma signifikant senkt (-11,83 mg/dl; 95 % CI: -20,12, -3,55). Der Cochrane Review von zehn Interventionsstudien mit einer Dauer von vier bis acht Wochen zeigte, dass die Zufuhr von Vollkornprodukten im Vergleich zu Kontrollkost zu einer signifikanten Verringerung der Plasmakonzentration von Gesamt- (-0,19 mmol/l;  $p = 0,0005$ ) und LDL-Cholesterin (-0,18 mmol/l;  $p < 0,0001$ ) führt [KELLY et al., 2007]. Die Metaanalyse (28 RCT) von WHITEHEAD et al. [2014] ergab, dass eine Dosis von  $\geq 3$  g/Tag Hafer  $\beta$ -Glucan die LDL- und Gesamtcholesterinkonzentrationen um 0,25 mmol/l (95 % CI: 0,20, 0,30;  $p < 0,0001$ ) und 0,30 mmol/l (95 % CI: 0,24, 0,35;  $p < 0,0001$ ), im Vergleich zur Kontrollgruppe, senkt. Die Senkung des LDL-Cholesterins war signifikant größer bei hohen Baseline LDL-Cholesterinspiegeln. Dosis oder Dauer der Intervention beeinflussten die Ergebnisse nicht. Der systematische Review und die Metaanalyse von HOLLÄNDER et al. [2015] von 24 randomisiert-kontrollierten Studien, beobachtete eine Senkung des LDL-Cholesterins (gewichtete Differenz: -0,09 mmol/l; 95 % CI: -0,15, -0,03 mmol/l;  $p < 0,01$ ) und Gesamtcholesterins (gewichtete Differenz: -0,12 mmol/l; 95 % CI: -0,10, -0,05 mmol/l;  $p < 0,001$ ) durch Aufnahme von Vollkornprodukten (28 – 213 g/Tag) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ein systematischer Review und Metaanalyse von 61 kontrollierten Interventionsstudien ( $n = 2.582$ ) konnten nachweisen, dass der Konsum von einer Portion (28 g/Tag) Nüsse das Gesamtcholesterin (-4,7 mg/dl; 95% CI: -5,3, -4,0 mg/dl), LDL-Cholesterin (-4,8 mg/dl; 95% CI: -5,5, -4,2 mg/dl) und Triglycerid (-2,2 mg/dl; 95% CI: -3,8, -0,5 mg/dl) senken kann [DEL GOBBO et al., 2015].

### **Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf Hypertonie**

Die Metaanalyse von 24 RCT von STREPPÉL et al. [2005] zeigte, dass eine Supplementation von durchschnittlich 11,5 g Ballaststoffen pro Tag (Bereich: 3,5 g/Tag bis 42,6 g/Tag; Baseline Ballaststoffaufnahme: 24,8 g/Tag) im Vergleich zu keiner Supplementation den systolischen Blutdruck um -1,13 mmHg (95 % CI: -2,49, 0,23) und den diastolischen Blutdruck -1,26 mmHg (95 % CI: -2,04, -0,48) mindert. Eine weitere Metaanalyse von 25 RCT beobachtete eine signifikante Senkung des diastolischen Blutdrucks der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (-1,65 mmHg; 95 % CI: -2,70, -0,61). Der Unterschied der Ballaststoffaufnahme, zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe, reichte von 3,8 bis 125 g/Tag (mittlerer Unterschied 10,7 g/Tag) und die Dauer der Intervention lag zwischen 2 bis 26 Wochen. PatientInnen mit Bluthochdruck und einer erhöhten Ballaststoffzufuhr wiesen einen statistisch signifikanten Abfall des Blutdrucks im Vergleich zur Kontrollgruppe (-4,2 mmHg; 95 % CI: -6,65, -1,85) auf (-5,95 mmHg; 95 % CI: -9,50, -2,40). Eine erhöhte Ballaststoffzufuhr von 7,1 g/Tag senkte den diastolischen Blutdruck (-1,77 mmHg; 95 % CI: -3,32, -0,21). Des Weiteren führte die Erhöhung von 7,2 g auf 18,9 g Ballaststoffe pro Tag zu einem statistisch signifikant reduzierten systolischen als auch diastolischen Blutdruck (-3,40 mmHg; 95 % CI: -6,14, -0,67; -1,97 mmHg; 95 % CI: -3,79, -0,14) [WHELTON et al., 2005]. Die systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse von 28 RCT von EVANS et al. [2015] zeigte, dass eine  $\beta$ -Glucan-reiche Ernährung den systolischen Blutdruck um 2,9 mmHg (95 % CI: 0,9, 4,9 mmHg) und den diastolischen um 1,5 mmHg (95 % CI: 0,2, 2,7 mmHg) senkt. Ein systematischer Review und Metaanalyse von 28 prospektiven Kohortenstudien konnte feststellen, dass beim Vergleich der höchsten mit der niedrigsten Aufnahme von Hülsenfrüchten (niedrigste Quantile: 2,0 g/Tag (0,0–13,5), höchste Quantile: 75,2 g/Tag (43,9–162,8)) die Inzidenz von Bluthochdruck signifikant niedriger ist (RR: 0,91; 95% CI: 0,86, 0,97) [VIGUILLOUK et al., 2019].

### **Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf koronare Herzkrankheit**

Die Metaanalyse von ANDERSON et al. [2005], welche sieben Studien inkludierte, konnte einen inversen Zusammenhang von Ballaststoffzufuhr und koronare Herzkrankheit (KHK)-Risiko nachweisen. Personen mit der höchsten Aufnahme von

Nahrungsfasern hatten ein um 29 % (RR = 0,71; 95 % CI: 0,47; 0,95) vermindertes Risiko. Bei Aufnahme von Ballaststoffen aus Getreideprodukten reduzierte sich in der höchsten Quantile das KHK-Risiko signifikant um 16 % (RR = 0,84; 95 % CI: 0,62, 1,05). Weiter konnte nachgewiesen werden, dass Personen mit hoher Vollkornaufnahme im Vergleich zu Personen mit niedriger Aufnahme ein um 28 % niedrigeres KHK-Risiko haben (RR = 0,72; 95 % CI: 0,49, 0,94). Ein systematischer Review von 146 Kohortenstudien konnte feststellen, dass Personen in der höchsten Quantile der Ballaststoffzufuhr ein um 22 % (RR = 0,78; 95 % CI: 0,72, 0,84) geringeres KHK-Risiko haben als Personen der untersten Quantile. Der Vergleich in Bezug auf Vollkornprodukte und Erkrankungsrisiko für KHK zeigte ein ähnliches Ergebnis. Personen, welche die höchste Menge an Vollkornprodukten verzehren, haben ein signifikant vermindertes KHK-Risiko (RR = 0,81; 95 % CI: 0,75, 0,86) [MENTE et al., 2009]. In der Metaanalyse von MELLEN et al. [2008] wurden sieben prospektive Kohortenstudien inkludiert. Zwischen dem Konsum von Ballaststoffen aus Vollkornprodukten und dem KHK-Risiko war das RR in der Gruppe mit der höchsten Zufuhr (2,5 Portionen/Tag) um 0,76 (95 % CI: 0,69, 0,83) geringer, im Gegensatz zur Gruppe mit der niedrigsten Zufuhr (0,2 Portionen/Tag). Eine Metaanalyse umfasste Kohortenstudien und Fall-Kontroll-Studien mit 14.427 PatientInnen mit KHK und 400.492 gesunden TeilnehmerInnen. Hier wurde nachgewiesen, dass Personen mit der höchsten Vollkornzufuhr im Vergleich zur niedrigsten ein signifikant vermindertes Risiko für KHK haben (RR = 0,79; 95 % CI: 0,74, 0,83). Die Assoziation war nur bei den Kohortenstudien signifikant [TANG et al., 2015]. Die Metaanalyse von WU et al. [2015] von 18 Kohortenstudien mit 672.408 Personen hat festgestellt, dass die Aufnahme von Ballaststoffen signifikant invers in Zusammenhang mit dem Risiko von KHK steht (Inzidenz: RR = 0,93; 95 % CI: 0,91, 0,96; Mortalität: RR = 0,83; 95 % CI: 0,76, 0,91). Bei Analyse der Untergruppen von Ballaststoffen aus Getreide, Obst und Gemüse unterschieden sich die RR je nach Ballaststoffquelle. Das RR für Inzidenz betrug von Getreide 0,92 (95% CI: 0,85, 0,99; p = 0,032), Obst 0,92 (95% CI: 0,86, 0,98; p = 0,01) und Gemüse 0,95 (95% CI: 0,89,1,01; p = 0,098) und Mortalität von Getreide 0,81 (95% CI: 0,72,0,92; p = 0,001), Obst 0,68 (95% CI: 0,43,1,07; p = 0,094) und Gemüse 0,91 (95% CI: 0,74, 1,12; p = 0,383). Darüber hinaus wurde eine signifikante Dosis-Wirkungs-

Beziehung zwischen der Aufnahme von Ballaststoffen und der Inzidenz und Mortalität von KHK beobachtet ( $p < 0,001$ ). Eine Metaanalyse von prospektiven Studien hat festgestellt, dass der Verzehr von Nüssen mit einer reduzierten Inzidenz von kardiovaskulären Erkrankungen (19 %;  $n = 3$ ) und KHK (20–34 %;  $n = 2$ ) in Zusammenhang steht [KIM et al., 2018]. Der systematische Review und die Metaanalyse von VIGUILIOUK et al. [2019] konnte feststellen, dass die Inzidenz beim Vergleich der höchsten mit der niedrigsten Aufnahme von Hülsenfrüchten signifikant niedriger für Herz-Kreislauf-Erkrankungen ( $RR = 0,92$ ; 95% CI: 0,85, 0,99) und KHK ( $RR = 0,90$ ; 95% CI: 0,83, 0,99) ist.

### **Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf End- und Dickdarmtumoren**

Die EPIC-Studie hat nachgewiesen, dass der Konsum von Ballaststoffen invers mit der Inzidenz von Darmkrebs in Zusammenhang steht (Vergleich von höchstem mit niedrigstem Quintil, adjustiertes  $RR = 0,75$ ; 95 % CI: 0,59–0,95). Nach Kalibrierung mit detaillierteren Daten zur Ernährungsweise betrug das adjustierte  $RR$  0,58 (95 % CI: 0,41–0,85) im Vergleich vom höchsten mit niedrigstem Quintil [BINGHAM et al., 2003]. Eine Auswertung von Kohortenstudien ( $n = 700.000$ , 8.000 Inzidenzfälle) des „Pooling“-Projekts zeigte nur einen nicht-signifikanten Zusammenhang zwischen dem Risiko von kolorektalen Tumoren und hoher Ballaststoffaufnahme. Die Auswertung von nicht-linearen Zusammenhängen hat nachgewiesen, dass eine Ballaststoffzufuhr unter 10 g/Tag mit einem erhöhten Risiko assoziiert ist [PARK et al., 2005]. Laut der Metaanalyse von 25 Kohortenstudien von AUNE et al. [2011] haben Personen mit der höchsten Ballaststoffzufuhr (21,4 g/Tag) ein um 12 % geringeres Risiko an Kolontumoren zu erkranken, als jene mit einer Aufnahme von 6,3 g/Tag ( $RR = 0,88$ ; 95 % CI: 0,82, 0,94). Die Forscher sind zu dem Schluss gekommen, dass bei Erhöhung der Ballaststoffzufuhr um 10 g/Tag das Risiko um 10 % ( $RR = 0,90$ ; 95 % CI: 0,86, 0,94) reduziert werden kann. BEN et al. [2014] haben in ihrer Metaanalyse von Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien ( $n = 10.948$ ) festgestellt, dass eine hohe Gesamtballaststoffzufuhr, im Vergleich zur niedrigen Aufnahme, sowie eine Erhöhung um 10 g/Tag Ballaststoffe das Risiko für Kolonadenomen ( $RR = 0,72$ ; 95 % CI: 0,63, 0,83;  $RR = 0,91$ ; 95 % CI: 0,87, 0,95) senkt. Eine Subgruppen-Analyse indizierte eine signifikante inverse Assoziation zwischen

Gesamtballaststoffzufuhr und dem Risiko für Kolonadenomen der Fall-Kontroll-Studien (RR = 0,66; 95 % CI: 0,56, 0,77), jedoch nicht der Kohortenstudien (RR = 0,92; 95 % CI: 0,76, 1,10). Für Ballaststoffe aus Obst war das RR = 0,84 (95 % CI: 0,76, 0,94; n = 6 Studien), aus Gemüse 0,93 (95 % CI: 0,84, 1,04; n = 6 Studien) und aus Getreide 0,76 (95 % CI: 0,62, 0,92; n = 9 Studien) im Vergleich von niedriger gegenüber hoher Aufnahme. Das Panel des WORLD CANCER RESEARCH Fund/AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH (WCRF/AICR) hat geschlussgefolgert, dass der Verzehr von ballaststoffhaltigen Lebensmitteln mit wahrscheinlicher Evidenz vor Darmkrebs schützt [WCRF/AICR, 2018].

## **2.2 Anthropometrie**

### **2.2.1 Body Mass Index: Definition und Klassifizierung**

Der Body Mass Index (BMI) klassifiziert das Körpergewicht von Erwachsenen folgendermaßen: Unter-, Normal-, Übergewicht und Adipositas. Der BMI korreliert sehr gut mit dem Gesamtkörperfett und wird daher zur Risikoabschätzung von Morbidität und Mortalität herangezogen [WHO, 2000].

Zur Berechnung des BMI werden die Parameter Körpergewicht in Kilogramm (KG) und Körpergröße in Meter verwendet.

$$\text{BMI} = \frac{\text{KG}[\text{kg}]}{(\text{Größe} [\text{m}])^2}$$

Weiter dient der BMI zur Beurteilung, ob die erhöhte Fettmasse ein gesundheitliches Risiko darstellt [SCHINDLER und LUDVIK, 2004]. Die WHO-Klassifizierung des BMI definiert Übergewicht ab einem BMI von 25 kg/m<sup>2</sup> und Adipositas ab einem BMI von 30 kg/m<sup>2</sup> (Tabelle 6). Ein Nachteil des BMI ist, dass bei sehr muskulösen Menschen der Körperfettanteil überschätzt und bei älteren Menschen unterschätzt wird [FRANKENFIELD et al., 2001]. Um exaktere Korrelationen von BMI und Gesamtkörperfett bzw. Fettverteilung zu bestimmen, sind zusätzliche Messungen wie beispielsweise Waist Circumference und Waist-to-Hip Ratio hilfreich [NHLBI, 2000].



Tabelle 6: Internationale Klassifikation von Unter-, Normal-, Übergewicht und Adipositas nach BMI von Erwachsenen [WHO, 2000]

Klassifikation	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	Risiko für Komorbiditäten
	Cut-off Werte	
Untergewicht	< 18,50	Niedrig (jedoch erhöhtes Risiko für andere klinische Komplikationen)
Starkes Untergewicht	< 16,00	
Mäßiges Untergewicht	16,00–16,99	
Leichtes Untergewicht	17,00–18,49	
Normalgewicht	18,50–24,99	Normal
Übergewicht	≥ 25,00	
Prä-Adipositas	25,00–29,99	Erhöht
Adipositas	≥ 30,00	
Adipositas I	30,00–34,99	Moderat
Adipositas II	35,00–39,99	Stark
Adipositas III	≥ 40,00	Sehr stark

### 2.2.2 Waist-Circumference: Definition und Klassifizierung

Waist Circumference (WC) ist eine geeignete und einfache Messmethode, die in keinem Zusammenhang mit der Körpergröße steht [HAN et al., 1997]. Sie korreliert eng mit dem BMI und der WHR [LEAN et al., 1995] und weist auf ein nicht genaues Maß der Gesamtkörperfettmasse hin [LEAN et al., 1996].

Die WHO-Klassifizierung [2011] beschreibt inwieweit das Risiko für metabolische Komplikationen mit einem erhöhten Taillenumfang zusammenhängt (Tabelle 7).

Tabelle 7: WHO-Cut-off Werte und Risiko für metabolische Komplikationen des WC [WHO, 2011]

Indikator	Cut-off Werte	Risiko für metabolische Komplikationen
WC	> 94 cm (M); > 80 cm (F)	Erhöht
	> 102 cm (M); > 88 cm (F)	Wesentlich erhöht

M = Männer; F = Frauen

Die National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) Obesity Education Initiative [2000] kategorisiert den BMI und die WC und stellt diese in Zusammenhang mit dem

Krankheitsrisiko (Tabelle 8). Hieraus wird ersichtlich: je höher der Taillenumfang in Relation mit dem BMI steht, desto höher ist das Krankheitsrisiko.

Tabelle 8: Kombinierte Empfehlungen von BMI und WC für Übergewicht und Adipositas mit Assoziation des Krankheitsrisikos [mod. nach NHLBI, 2000]

	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Adipositas Klassifikation</b>	<b>Krankheitsrisiko (Relativ- zu Normalgewicht und WC)</b>	
			<b>Männer &lt; 102 cm Frauen &lt; 88 cm</b>	<b>Männer &gt; 102 cm Frauen &gt; 88 cm</b>
Untergewicht	< 18,5			
Normalgewicht	18,5–24,9			
Übergewicht	25,0–29,9		Erhöht	Hoch
Adipositas	30,0–34,9	I	Hoch	Sehr hoch
	35,0–39,9	II	Sehr hoch	Sehr hoch
Hochgradige Adipositas	> 40,0	III	Extrem hoch	Extrem hoch

### 2.2.3 Waist-to-Hip Ratio: Definition und Klassifizierung

Im Verlauf der letzten zehn Jahre hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass eine hohe Waist-to-Hip Ratio (WHR) (WHR  $\geq$  0,90 bei Männern und  $\geq$  0,85 bei Frauen) abdominelle Fettansammlungen indiziert [HAN et al., 1997].

Zur Berechnung der WHR werden die Parameter Taillenumfang und Hüftumfang herangezogen.

$$\text{WHR} = \frac{\text{Taillenumfang (cm)}}{\text{Hüftumfang (cm)}}$$

Die WHO-Klassifizierung beschreibt inwieweit sich das Risiko für metabolische Komplikationen mit der WHR erhöht (Tabelle 9).

Tabelle 9: WHO-Cut-off Werte und Risiko für metabolische Komplikationen der WHR [mod. nach WHO, 2011]

<b>Indikator</b>	<b>Cut-off Werte</b>	<b>Risiko für metabolische Komplikationen</b>
WHR	$\geq$ 0,90 (M); $\geq$ 0,85 (F)	Wesentlich erhöht

M = Männer; F = Frauen

Die WHR wird zur Unterscheidung der androgenen (zentrale Fettverteilung) und gynoiden Fettverteilung (periphere Fettverteilung) angewendet. Beim androgenen Körperbau

(„Apfeltyp“) ist das Körperfett im Bauchbereich verteilt. Beim gynoiden Körperbau („Birnentyp“) hingegen ist das Körperfett an Gesäß, Hüften und Oberschenkeln verteilt. Bei der androiden Körperform ist der Anteil des viszeralen Fettes erhöht. Zudem besitzt dieses eine größere Stoffwechselaktivität und birgt somit ein höheres Risiko für Erkrankungen des kardiovaskulären Systems und für das metabolische Syndrom. Im Gegensatz zur androiden hat die gynoide Körperform einen höheren subkutanen Fettanteil, welche kein höheres Risiko für Begleiterkrankungen, im Vergleich mit Normalgewichtigen, darstellt [ELMADFA, 2004].

#### **2.2.4 Bioelektrische Impedanzanalyse**

##### **Physikalische Grundlagen und Prinzip der Messung**

Der menschliche Körper ist im Stande Strom zu leiten und auf dieser Fähigkeit basiert die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA). Die BIA misst den elektrischen Körperwiderstand. Damit der Gesamtwiderstand (Impedanz  $Z$ ) gemessen werden kann, werden Elektroden an den Körper angebracht. Diese erzeugen ein gleichmäßiges Wechselstromfeld. Der Gesamtwiderstand setzt sich aus dem kapazitiven Widerstand (Reactance  $X_c$ ) und dem Wirkwiderstand (Resistance  $R$ ), welcher frequenzabhängig gemessen wird, zusammen.

Reactance ist ein Maß für die Körperzellmasse. Diese beruht auf der Kondensatorfähigkeit der Protein-Lipid-Schichten von Zellmembranen. Resistance ist ein Maß für die extra- und intrazellulären Flüssigkeiten des Körpers, dessen Elektrolyte Strom durch den Körper leiten. Die Kombination der beiden Widerstände ergibt Impedanz und wird mit der Formel  $Z^2 = (R^2 + X_c^2)$  berechnet. Die Reactance wird bei der Berechnung des Wasservolumens aufgrund des geringen Anteils am Gesamtwiderstand nicht miteinbezogen [LUKASKI, 1987].

Da sich Körperzellen wie Kondensatoren verhalten, kommt es im Wechselstromkreis zu einer Zeitverschiebung ( $\Delta t$ ). Diese resultiert aus einer Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Mit dieser Phasenverschiebung wird der Phasenwinkel berechnet und in Grad ( $^\circ$ ) gemessen. Die Körperzusammensetzung wird aus den drei Kenngrößen (Reactance, Resistance, Phasenwinkel) plus Körpergröße, -gewicht, Geschlecht und Alter berechnet [KYLE et al., 2004; DATA-INPUT GmbH, 2005].

## Ermittlung der Körperzusammensetzung

Prädikationsformeln wurden in Studien anhand von Referenzmethoden validiert, wie z. B. Densitometrie oder DEXA, zur Ermittlung des Körperfetts, der fettfreien Masse (FFM), der Magermasse, des Gesamtkörperwassers und des extra- und intrazellulären Wassers. Für die verschiedenen Parameter wie Größe, Alter, Geschlecht, Gewicht usw., wurden Formeln für die unterschiedlichen Personengruppen abgeleitet [KYLE et al., 2004].

Tabelle 10: Berechnete Größen der bioelektrischen Impedanzanalyse

Parameter	Berechnung Erwachsene
Gesamtkörperwasser	$\frac{\text{Körpergröße}^2}{\text{Resistance}^a}$
Magermasse	$\frac{\text{Gesamtkörperwasser}}{0,73^b}$
Körperzellmasse	Magermasse × Phasenwinkel × Konstante
Extrazellulärmasse	Magermasse - Körperzellmasse
Extrazelluläres Wasser	$\frac{\text{Körpergröße}^2}{\text{Resistance}^c}$
Intrazelluläres Wasser	Gesamtkörperwasser - Extrazelluläres Wasser
Körperfett	Gewicht - Magermasse

<sup>a</sup> [KUSHNER et al., 1986]

<sup>b</sup> Die Magermasse hat einen mittleren Wassergehalt von 73% [PACE und RATHBUN, 1945].

<sup>c</sup> Messung bei niedriger Frequenz (5Hz) [SEGAL et al., 1991]

## Limitationen der Bioelektrischen Impedanzanalyse

Die BIA ist eine nicht-invasive, einfach durchzuführende, schnelle und verhältnismäßig kostengünstige Methode, um die Körperzusammensetzung zu analysieren. Da die Messung Limitationen aufweist, sind gewisse Faktoren für eine standardisierte Erhebung zu beachten:

- Die BIA sollte am Morgen und an nüchternen ProbandInnen durchgeführt werden [DATA-INPUT GmbH, 2005].

- In den letzten Stunden vor der Messung sollte keine sportliche Betätigung stattfinden, da Sport zu einer Überschätzung der FFM führt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der erhöhte Blutfluss im Muskel zu einer höheren Muskeltemperatur führt und dieser einen verringerten Widerstand in der Messung aufweist. Auch die Temperatur der Haut beeinflusst die Widerstandmessung [KUSHNER et al., 1996].
- Krankheiten, welche den Hydrierungsstatus oder die Verteilung des Körperwassers beeinflussen, wirken sich auf die Messung aus. Häufig trifft das auf Ödeme der Extremitäten, die durch periphere Veneninsuffizienz verursacht werden, zu [GUGLIELMI et al., 1999]. Da bei Frauen sich während des Zyklus der Hydrationszustand verändert, führt dies zu einer erhöhten Schwankung der Impedanzmessung [GLEICHAUF und ROE, 1989].

## **2.3 Einfluss der Ballaststoffzufuhr auf Körpergewicht und Anthropometrie**

### **2.3.1 Prävalenz für Übergewicht und Adipositas**

Weltweit waren im Jahr 2016 39 % Männer und 40 % der Frauen adipös ( $\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$ ). Im Vergleich zu 1975 hat sich die Prävalenz fast verdreifacht [WHO, 2020]. Mit 2016 waren mehr als 1,9 Milliarden Erwachsene übergewichtig, davon 650 Millionen adipös [WHO, 2020].

In Europa waren 2016 58,7 % der Erwachsenen übergewichtig (63 % Männer, 54,3 % Frauen) und 23,3 % adipös (21,9 % Männer, 24,5 % Frauen) [WHO, 2018].

Laut dem Österreichischen Ernährungsbericht 2012 sind 40 % der Erwachsenen zwischen 18 und 64 Jahren übergewichtig, davon sind 12 % adipös [ELMADFA et al., 2012].

Insgesamt sind 34,3 % der österreichischen Bevölkerung über 15 Jahren übergewichtig, davon 16,5 % adipös. Nach Geschlecht sind 41,4 % der Männer und 27,4 % der Frauen übergewichtig. Davon sind 17,9 % der Männer und 15,0 % der Frauen adipös [STATISTIK AUSTRIA, 2019].

### **2.3.2 Ballaststoffaufnahme der österreichischen und europäischen Bevölkerung**

Der Österreichische Ernährungsbericht 2012 stellte fest, dass die Ballaststoffaufnahme der 18 bis 64-jährigen Erwachsenen unter 30 g/Tag lag bzw. die Ballaststoffdichte unter 3,1 g/MJ für Frauen und unter 3,9 g/MJ für Männer laut D-A-CH Referenzwerte. Im Durchschnitt wurden 22 g Ballaststoffe pro Tag Ballaststoffe aufgenommen, bezogen auf die Ballaststoffdichte nahmen Frauen 2,9 g/MJ und Männer 2,2 g/MJ auf [ELMADFA et al., 2012].

Laut dem European Nutrition and Health (ENH) Report 2009 zeigt sich, dass trotz unterschiedlicher Anwendung zur Bewertung der Ballaststoffaufnahme die europäische Bevölkerung die empfohlene Zufuhr nicht erreicht [ELMADFA et al., 2009].

Die Übersichtsarbeit von STEPHEN et al. [2017] hat die Ballaststoffzufuhr in europäischen Ländern erfasst. Die höchste durchschnittliche Aufnahme war die der Nationalen Verzehrsstudie II 2005/2006 in Deutschland. Die durchschnittliche Aufnahme für Männer betrug 25 g/Tag und für Frauen 23 g/Tag. Ähnliche Ergebnisse

zeigten die Ergebnisse der letzten Ernährungserhebung in Ungarn. Hier war die durchschnittliche BS-Aufnahme 25,5 g/Tag für Männer und 20,9 g/Tag für Frauen. Nicht weit dahinter war die Ballaststoffzufuhr der nationalen Erhebung in Finnland im Jahr 2007, FINDIET. Die mittlere Aufnahme für Männer betrug 23,7 g/Tag und für Frauen 20,7 g/Tag. Andere Länder lagen mit einer durchschnittlichen Zufuhr von etwa 20 g/Tag für Männer und etwa 15 g/Tag für Frauen weit zurück [STEPHEN et al., 2017].

### **2.3.3 Ballaststoffaufnahme und anthropometrische Messgrößen**

Eine Querschnittsstudie von 2.532 Männern (BMI  $25,3 \pm 3,1 \text{ kg/m}^2$ ; WHR  $0,92 \pm 0,06$ ; Gesamt-BS  $21,9 \pm 7,2 \text{ g/Tag}$ ; BS aus Getreide  $8,1 \pm 3,6 \text{ g/Tag}$ ; BS aus Obst  $4,3 \pm 2,8 \text{ g/Tag}$ ; BS aus Nüssen/Samen  $0,36 \pm 0,46 \text{ g/Tag}$ ) und 3.429 Frauen (BMI  $23,1 \pm 3,7 \text{ kg/m}^2$ ; WHR  $0,77 \pm 0,07$ ; Gesamt-BS  $17,9 \pm 5,6 \text{ g/Tag}$ ; BS aus Getreide  $5,9 \pm 2,5 \text{ g/Tag}$ ; BS aus Obst  $3,8 \pm 2,2 \text{ g/Tag}$ ; BS aus Nüssen/Samen  $0,31 \pm 0,42 \text{ g/Tag}$ ) konnte feststellen, dass eine Aufnahme der höchsten Menge an Gesamtballaststoffen (Männer: 27,3 g/Tag; Frauen: 22,0 g/Tag) mit einem signifikant ( $p < 0,05$ ) niedrigen Risiko für Übergewicht und erhöhtem WHR in Zusammenhang steht. Ballaststoffe aus Getreide (Männer:  $< 5,3$  versus  $> 10,6 \text{ g/Tag}$ ; Frauen:  $< 3,9$  versus  $> 7,7 \text{ g/Tag}$ ) werden mit einem niedrigen BMI in Verbindung gebracht; Ballaststoffe aus Obst (Männer:  $< 1,9$  versus  $> 6,4 \text{ g/Tag}$ ; Frauen:  $< 2,0$  versus  $> 5,5 \text{ g/Tag}$ ) mit einem niedriger WHR; Ballaststoffe aus Nüssen und Samen (Männer:  $< 0,05$  versus  $> 0,56 \text{ g/Tag}$ ; Frauen:  $< 0,05$  versus  $> 0,48 \text{ g/Tag}$ ) mit niedrigerem BMI und WHR [LAIRON et al., 2005].

Die Auswertung der National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) Daten (Zeitraum 1999 bis 2002) von 1.475 Personen, welche Bohnen konsumieren, haben im Vergleich zu Nichtkonsumenten, ein signifikant niedrigeres Körpergewicht ( $p = 0,008$ ) und eine geringere WC ( $p = 0,0043$ ). Darüber hinaus hatten sie ein um 23 % reduziertes Risiko einer Zunahme der WC ( $p = 0,018$ ) und ein um 22 % reduziertes Risiko von Adipositas ( $p = 0,026$ ) [PAPANIKOLAOU und FULGONI, 2008].

Der systematische Review ( $n = 15$  Studien) von HARLAND und GARTON [2008] hat nachgewiesen, dass Personen mit einer Zufuhr von ca. drei Portionen Vollkornprodukte/Tag einen signifikant reduzierten BMI ( $0,630 \text{ kg/m}^2$ ; 95 % CI: 0,460,

0,800 kg/m<sup>2</sup>;  $p < 0,0001$ ), WC (2,7 cm; 95 % CI: 0,2, 5,2 cm;  $p = 0,03$ ) sowie hochsignifikante niedrige WHR (0,023; 95 % CI: 0,016, 0,030;  $p < 0,0001$ ) haben, als Personen mit einer niedrigen Aufnahme.

VAN DE VIJVER et al. [2009] konnten eine signifikante inverse Assoziation zwischen dem Konsum von Vollkorn und BMI (Männer:  $< 25 \text{ kg/m}^2$ : 10,9 g/Tag;  $\geq 25$  und  $< 30 \text{ kg/m}^2$ : 8,7 g/Tag;  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ : 4,4 g/Tag; Frauen:  $< 25 \text{ kg/m}^2$ : 7,7 g/Tag;  $\geq 25$  und  $< 30 \text{ kg/m}^2$ : 6,5 g/Tag;  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ : 6,0 g/Tag) sowie dem Risiko von Übergewicht und Adipositas feststellen. Die Assoziation war bei Männern stärker als bei Frauen. Das Risiko für Adipositas im Vergleich zu Normalgewicht war um 10 % (95 % CI: 2, 16 %) und um 14 % (95 % CI: 1, 17 %) niedriger für jedes zusätzlich aufgenommene Gramm von Getreide bei beiden Geschlechtern. Die Zufuhr von Ballaststoffen und Getreidefasern zeigte ausschließlich bei Männern einen signifikant umgekehrten Zusammenhang mit dem BMI ( $< 25 \text{ kg/m}^2$ : 11,3 g/Tag;  $\geq 25$  und  $< 30 \text{ kg/m}^2$ : 9,0 g/Tag;  $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ : 4,4 g/Tag).

Die prospektive Studie von DU et al. [2010] zeigte in der 6,5-jährigen Nachbeobachtungsperiode der EPIC-Studie (Baseline Gesamtballaststoffe  $25,4 \pm 5,4$  g/Tag bei Männern und  $21,3 \pm 4,4$  g/Tag bei Frauen; Baseline Getreideballaststoffe:  $12,6 \pm 4,6$  g/Tag bei Männern und  $9,3 \pm 3,5$  g/Tag bei Frauen; Baseline WC  $94 \pm 9,6$  cm bei Männern und  $80 \pm 10,6$  cm), dass die Aufnahme von mehr als 10 g/Tag Gesamt- und Getreideballaststoffen ( $22,8 \pm 5,2$  g/Tag; Q1:  $18,4 \pm 2,9$  g/Tag; Q3:  $22,2 \pm 3,9$  g/Tag; Q5:  $28,9 \pm 4,6$  g/Tag) einen inversen Zusammenhang mit der WC (-0,08 cm/y; 95 % CI: -0,11, -0,05) hat. Eine um 10 g/Tag erhöhte Aufnahme von Getreideballaststoffen ( $10,7 \pm 4,3$  g/Tag; Q1:  $5,9 \pm 0,7$  g/Tag; Q3:  $9,9 \pm 0,7$  g/Tag; Q5:  $17,5 \pm 2,7$  g/Tag) war ebenso mit einer Abnahme der WC assoziiert (-0,10 cm/y; 95 % CI: -0,18, -0,02).

O'NEIL et al. [2010] haben bei Auswertung der NHANES Daten ( $n = 13.276$ ) nachgewiesen, dass jene Personen, welche die empfohlene Menge an Vollkornprodukten zu sich nehmen, einen niedrigen BMI und WC haben (19 bis 50 Jahre:  $p \text{ Trend} = 0,04$ ; +51 Jahre:  $p \text{ Trend} = 0,01$ ), im Vergleich zu Personen, die weniger als die empfohlene Zufuhr aufnehmen.



Die Belgian Food Consumption Survey beobachtete, dass es bei belgischen Frauen und Männern ( $n = 3.083$ ) eine inverse signifikante Assoziation zwischen gesamter Ballaststoffzufuhr (17,8 g/Tag) und der WC (Männer: 88 cm; Frauen: 80 cm) ( $\beta = -0,118$ ;  $p < 0,001$ ) gibt [LIN et al., 2011].

Der systematische Review und die Metaanalyse von POL et al. [2013] zeigte, dass in RCT mit 2.060 Teilnehmer und Teilnehmerinnen Ballaststoffe aus Vollkornprodukten das Körpergewicht nicht senken (Gewichtsdifferenz: 0,06 kg; 95 % CI: -0,09, 0,20 kg;  $p = 0,45$ ), jedoch auf das Körperfett (Gewichtsdifferenz: -0,48 %; 95 % CI: -0,95, -0,01;  $p = 0,04$ ) einen geringen signifikanten positiven Effekt haben. Die Untersuchung der Auswirkungen der täglichen Vollkornaufnahme konnte Unterschiede zwischen den Gruppen vorhersagen, jedoch ohne signifikante Assoziation ( $\beta = -0,0013 \text{ kg} \times \text{g/Tag}$ ; 95 % CI: -0,011, 0,009 kg  $\times$  g/Tag).

Die systematische Übersichtsarbeit und die Metaanalyse von 17 Kohortenstudien, welche 563.277 ProbandInnen inkludierte, konnte nachweisen, dass eine Mehrzufuhr von Obst ( $\beta$ : -0,04 cm/Jahr; 95 % CI: -0,05, -0,02) sowie eine pro 100 kcal höhere Aufnahme von Obst ( $\beta$ : -0,04 cm/Jahr; 95 % CI: -0,05, -0,02;  $I^2 = 60,6 \%$ ) invers in Zusammenhang der WC steht [SCHWINGSHACKL et al., 2015].

Die Metaanalyse von LI et al. [2018] von sechs prospektiven Kohortenstudien ( $n = 420.890$ ) und 62 RCT ( $n = 7.184$ ) konnte einen inversen Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Nüssen und anthropometrischen Messgrößen feststellen. Bei den Kohortenstudien war das RR bei Erhöhung der Nussaufnahme um eine Portion/Woche 0,97 (95 % CI: 0,95, 0,98) bei Übergewicht und 0,95 (95 % CI: 0,89, 1,02) bei Adipositas. Die gepoolten Ergebnisse der RCT zeigten, dass der Verzehr von Nüssen mit einer signifikanten Reduktion des BMI (-0,16 kg/m<sup>2</sup>; 95 % CI: -0,31, -0,01) und WC (-0,51 cm; 95 % CI: -0,95, -0,07) zusammenhängt.

Die Meta-Regressionsanalyse von Querschnittsdaten aus zwölf Beobachtungsstudien (136.834 ProbandInnen) und eine Metaanalyse von neun RCT (973 ProbandInnen) zeigen eine signifikante inverse Korrelation zwischen der Aufnahme von Vollkorn und

dem BMI (gewichtete Steigung, 0,0141 kg/m<sup>2</sup> pro g/Tag Aufnahme von Vollkorn (95% CI: 0,0207, 0,0077; r = 0,526, p = 0,0001)) [MAKI et al., 2019].

Die Querschnittstudie von britischen Erwachsenen (n = 6.898), welche an der Airwave Health Monitoring Study (2007–2012) teilgenommen haben, konnten folgende Zusammenhänge zur Ballaststoffaufnahme aus Gesamtballaststoffen, aus Obst und Gemüse, Vollkorn und Nicht-Vollkorn Getreide mit anthropometrischen Messgrößen BMI, Körperfettanteil in % und WC beobachten. Gesamtballaststoffe (Q1 2,53–6,85; Q3 8,18–9,48, Q5 11,26–32,98 g/1000 kcal) haben einen signifikanten Zusammenhang mit allen anthropometrischen Messgrößen (BMI: Q1 27,25; Q3 26,97; Q5 26,32 kg/m<sup>2</sup>; Körperfett in %: Q1 28,10, Q3 27,57, Q5 26,77 %; WC: Q1 89,04; Q3 88,16; Q5 86,55 cm) (p Trend < 0,0001). Ballaststoffe aus Obst (Q1: 0,00–0,20; Q3: 0,62–1,08; Q5: 1,84–11,02 g/1000 kcal) zeigten lineare Trends mit allen anthropometrischen Messgrößen (BMI: Q1 27,30; Q3 26,80; Q5 26,59 kg/m<sup>2</sup>; Körperfett in %: Q1 28,09; Q3 27,55; Q5 26,86 %; WC: Q1 88,94; Q3 87,98; Q5 86,95 cm) (p Trend < 0,0001). Signifikante Zusammenhänge zeigten sich bei Ballaststoffen aus Gemüse (Q1: 0,00–1,03; Q3: 1,55–2,11; Q5: 2,95–14,85 g/1000 kcal) mit WC (Q1 88,42; Q3 87,31; Q5 87,47 cm) (p Trend = 0,0156), Ballaststoffen aus Vollkornprodukten (Q1: 0,00–0,20; Q3: 0,71–1,3; Q5: 2,10–10,77 g/1000 kcal) mit BMI (Q1 26,91; Q3 26,93; Q5 26,39 kg/m<sup>2</sup>) (p Trend = 0,0002), Körperfett in % (Q1 27,59; Q3 27,50; Q5 26,81 %) (p Trend = 0,0007) und WC (Q1 88,08; Q3 88,02; Q5 86,73 cm) (p Trend = 0,0004), Nicht-Vollkorn Getreide (Q1: 0,15–2,65; Q3: 3,18–3,65; Q5: 4,37–14,48 g/1000 kcal) und BMI (Q1 26,95; Q3 26,74; Q5 26,50 kg/m<sup>2</sup>) (p Trend = 0,0095) [GIBSON et al., 2019].

Die systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse von 62 RCT (n = 3.877) zeigte, dass viskose Ballaststoffe das Körpergewicht (Zufuhr: 8 g/Tag; -0,33 kg; 95 % CI: -0,95, -0,14 kg; p = 0,004), den BMI (in kg/m<sup>2</sup>) (Zufuhr: 6 g/Tag; -0,28; 95 % CI: -0,42, -0,14; p = 0,0001) und die WC (Zufuhr: 7 g/Tag; -0,63 cm; 95 % CI: -1,11, -0,16 cm; p = 0,008) reduzieren im Vergleich zur Kontrollgruppe [JOVANOVSKI et al., 2020].

Eine systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse von 15 RCT (n = 1.347) konnte beobachten, dass eine Supplementierung mit viskosen Ballaststoffen das Körpergewicht (Zufuhr: 5,3 g/Tag; -0,81 kg [95 % CI: -1,20, -0,41], p < 0,0001), den BMI (Zufuhr:

5,3 g/Tag; -0,25 kg/m<sup>2</sup> [95 % CI: -0,46, -0,05],  $p = 0,01$ ) und das Körperfett (Zufuhr: 10 g/Tag; -1,39 % [95 % CI: -2,61,-0,17],  $p = 0,03$ ), verglichen mit der Kontrollgruppe, signifikant senkte. [JOVANOVSKI et al., 2021].

Eine systematische Übersichtsarbeit umfasste sechs prospektive Kohortenstudien, in denen die Beziehung zwischen dem Verzehr von Nüssen mit Änderungen des BMI und der WC, mit einer Nachbeobachtungsdauer von  $\geq 1$  Jahr, untersucht wurde. Es konnte eine signifikante inverse Assoziation zwischen Nussverzehr und WC nachgewiesen werden (OR = 0,69; 95% CI: 0,66, 0,84,  $p$  Trend < 0,001 bei Frauen; OR = 0,86; 95 % CI: 0,68, 1,09,  $p$  Trend = 0,16 bei Männern) [ESLAMI et al., 2019].

Eine Querschnittsstudie mit 246 Frauen zeigte, dass eine höhere Aufnahme an Bohnen (3. Terzil: 33,7 Tassen/1000 kcal/Jahr) im Vergleich zu einer niedrigen (1. Terzil: 10 Tassen/1000 kcal/Jahr) in inversem Zusammenhang mit Körperfett (1. Terzil: 34,4 Körperfett in %; 3. Terzil: 30,6 Körperfett in %;  $F = 7,4$ ,  $p = 0,0008$ ) und WC (1. Terzil: 84,4 cm; 3. Terzil: 80,5 cm;  $F = 4,2$ ;  $p = 0,0164$ ) steht [TUCKER, 2020].

NISHI et al. [2021] haben in ihrer systemischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse mit sechs prospektiven Kohortenstudien ( $n = 569.910$ ) und 86 RCT (114 Vergleiche,  $n = 5.873$ ) nachweisen können, dass Nüsse das Risiko für erhöhtes Körpergewicht sowie Körperfett nicht erhöhen. In den prospektiven Studien zeigte sich, dass die Aufnahme von 7 g Nüsse pro Tag mit einer geringeren Inzidenz von Übergewicht bzw. Adipositas assoziiert ist (RR = 0,93; 95 % CI: 0,88, 0,98;  $p < 0,001$ ). RCT zeigten keine negativen Auswirkungen auf das Körpergewicht (mittlere Aufnahme 45,5 g/Tag; Bereich: 5 bis 100 g/Tag; MD = 0,09 kg; 95 % CI: -0,09, 0,27 kg;  $p < 0,001$ ). Die Meta-Regression konnte feststellen, dass eine höhere Nussaufnahme ( $\geq 45,5$  g/Tag) mit einer Reduktion von Körpergewicht ( $\beta$  -0,012; 95 % CI: -0,024, -0,001;  $p = 0,04$ ) sowie Körperfett ( $\beta$  -0,035; 95 % CI: -0,058, -0,013;  $p < 0,01$ ) in Zusammenhang steht.

Die aktuelle Studienlage gibt Hinweise darauf, dass die Aufnahme der Gesamtballaststoffe, Ballaststoffen aus Obst und Gemüse, Vollkornprodukten, Hülsenfrüchten und Nüssen die anthropometrischen Messgrößen positiv beeinflussen können. Auch ist festzustellen, dass der Großteil der Studien negative Zusammenhänge zwischen dem Konsum von Vollkornprodukten und dem BMI beobachtet hat.

### **3. Methodik**

#### **3.1 Studiendesign und Stichprobe**

Diese Masterarbeit wurde im Rahmen des Österreichischen Ernährungsberichts 2017 verfasst.

Der Ernährungsbericht erhebt Daten zur Lebensmittelaufnahme und errechnet und beurteilt die Energie- und Nährstoffversorgung der österreichischen Bevölkerung.

Diese Masterarbeit betrachtet die Assoziation zwischen der Ballaststoffzufuhr und den anthropometrischen Messgrößen österreichischer Erwachsener. In den weiteren Kapiteln werden die Erhebungsmethoden und deren Durchführung beschrieben.

Die Quotenstichprobe, welche für die Querschnittsstudie ausgewählt wurde, umfasste 1.977 österreichische Erwachsene im Alter von 18 bis 65 Jahren. Die Erhebung fand im Zeitraum von Mai 2015 bis Juni 2016 statt und repräsentiert die gesamte Stichprobe des Ernährungsberichtes 2017. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und anonym.

Zur Erhebung der Daten wurden ein Onlinefragebogen mit einem Food Frequency Questionnaire (FFQ), zwei 24-Stunden-Erinnerungsprotokolle und anthropometrische Messmethoden – Körpergröße, -gewicht, Taillen- und Hüftumfang, BIA – angewandt.

#### **3.2 Erhebungsmethoden**

##### **3.2.1 Online-Fragebogen**

Der Onlinefragebogen enthält Fragen zu Soziodemografie, Lebensstilfaktoren und Gesundheit. Der Food Frequency Questionnaire (FFQ) ermittelt die Verzehrshäufigkeiten von Lebensmitteln/Lebensmittelgruppen und der Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) das Bewegungsverhalten.

##### **3.2.2 Anthropometrische Messungen**

Folgende anthropometrischen Messungen wurden im Rahmen des Österreichischen Ernährungsberichts 2017 durchgeführt: Körpergröße, Körpergewicht, Taillen- und Hüftumfang sowie BIA. Letztere dient zur Erfassung der Körperzusammensetzung [BIESALSKI und GRIMM, 2011].

Die anthropometrischen Daten wie Körpergröße und Körpergewicht wurden anhand eines Stadiometers (SECA 214 und SECA 217, SECA Vogel & Halke, Hamburg), mit einer

Messgenauigkeit von 0,1 cm, und einer Körperwaage (SECA BELLA 840 und SECA 877, SECA Vogel & Halke, Hamburg), mit einer Messgenauigkeit von 0,1 kg, erhoben.

Weiter wurden Taillen- und Hüftumfang mit einem Körpermaßband (SECA 201, SECA Vogel & Halke, Hamburg) vermessen und in einem Formblatt protokolliert. Jede Messung wurde zweimal durchgeführt und der Mittelwert errechnet. Mit dem Maßband wird die WC am Mittelpunkt zwischen dem unteren Rand der letzten tastbaren Rippe und der Oberseite des Beckenkamms gemessen. Der Hüftumfang wird am breitesten Teil des Gesäßes gemessen.

ProbandInnen mit einem BMI  $> 35 \text{ kg/m}^2$  wurden nicht an Hüfte und Taille vermessen, da die WHR nicht relevant ist für die Vorhersage des Krankheitsrisikos.

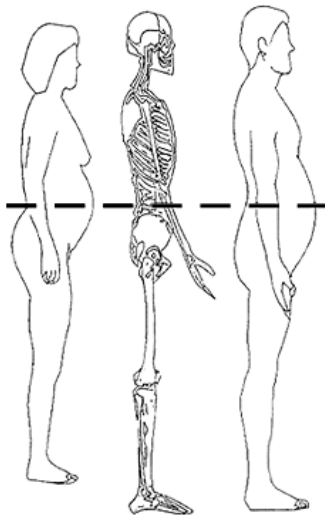


Abbildung 2: Positionierung des Maßbandes bei der Taillenumfangmessung von Erwachsenen [NHLBI, 2000]

Der BMI wurde über Körpergewicht und Körpergröße berechnet und in die Kategorien laut WHO eingeteilt [WHO, 2000] (siehe Kapitel 2.2). Die WHR wurde mit den Parametern Taillenumfang und Hüftumfang berechnet und in die WHO-Kriterien eingeteilt [WHO, 2011] (siehe Kapitel 2.2.3).

Die Messung der Körperzusammensetzung wurde mit einem BIA-Gerät (Nutriguard M) und dazugehöriger Software (Data Input) sowie dem Bodpod (Cosmed) durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Messung soll der/die Proband/in nüchtern sein, in den letzten zwölf Stunden keinen Sport betrieben haben, in den letzten 24 Stunden keinen Alkohol konsumiert haben und die Extremitäten sollen eine normale Hautdurchblutung

aufweisen. In entspannter, horizontaler Position wird die Messung durchgeführt. Hierbei dürfen sich die Oberschenkel nicht berühren und sind in einem Winkel von 45° gespreizt. Die Arme dürfen keinen Körperkontakt haben und sind in einem Winkel von 30° abgespreizt. Schmuck, Osteosyntheseplatten oder Herzschrittmacher haben keinen Einfluss auf die Messung. Der/die ProbandIn darf lediglich keinen Kontakt zu Metallgegenständen (z. B. Bettgestell) haben, da diese einen eigenen elektrischen Widerstand haben. Hautbereiche, an denen die Elektroden angelegt sind, werden zuvor mit Desinfektionstupfer gereinigt, da auf feuchter bzw. fettiger Haut die Elektroden schlecht haften. Jeweils zwei Elektroden (BIANOSTIC AT<sup>®</sup>) werden an Hand und Fuß angebracht (Abbildung 3). Zwischen den Elektroden sollte bei Erwachsenen mindestens 5 cm Abstand sein. An die Elektroden werden die Messkabel angebracht und mit der Messung begonnen, welche ca. eine Minute in Anspruch nimmt. Der/die ProbandIn sollte währenddessen ruhig liegen und nicht sprechen [DATA INPUT GmbH, 2005].

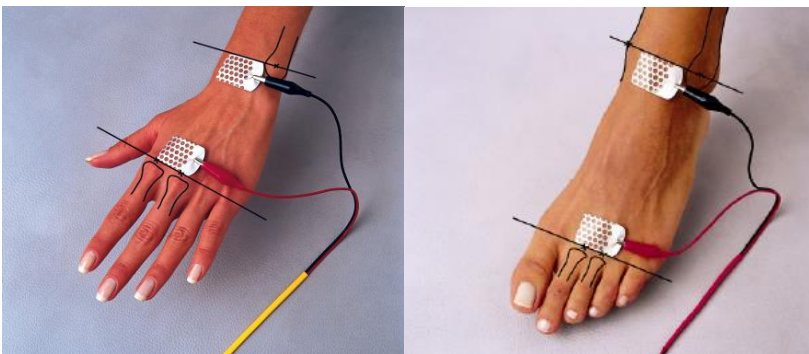


Abbildung 3: Platzieren der Elektroden bei Erwachsenen [DATA INPUT GmbH, 2005]

Der Körperfettanteil wurde in % bestimmt und zur Quantifizierung wurden die Referenzwerte für Erwachsene nach LOHMAN et al. [1997] herangezogen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Einteilung des Körperfettanteils (%) bei Erwachsenen [mod. nach LOHMAN et al., 1997]

Geschlecht und Alter	Empfohlene Körperfettanteile (%)				
	NE <sup>a</sup>	Niedrig	Mittel	Hoch	Adipositas
Männer					
18–34 Jahre	< 8	8	13	22	> 22
35–55 Jahre	< 10	10	18	25	> 25
56+ Jahre	< 10	10	16	23	> 23
Frauen					
18–34 Jahre	< 20	20	28	35	> 35
35–55 Jahre	< 25	25	32	38	> 38
56+ Jahre	< 25	25	30	35	> 35

<sup>a</sup> NE = nicht empfohlen

### 3.2.3 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll

Das 24-Stunden-Erinnerungsprotokoll (24-h-Recall), welches zu den retrospektiven Erhebungsmethoden gehört, wurde zweimalig – Erstinterview persönlich und Zweitinterview telefonisch – im Rahmen des österreichischen Ernährungsberichtes 2017 durchgeführt. Anhand dieser retrospektiven Protokolle konnte erhoben werden, welche Lebensmittel und Getränke die ProbandInnen am Vortag des Interviews bzw. vor dem Aufstehen des letzten Tages bis zum Aufstehen des Interviewtages, verzehrt haben.

Der 24-h-Recall ist für große Kollektive sehr gut geeignet. Weiter ist er mit wenig Aufwand für ProbandInnen verbunden und beeinflusst das Ernährungsverhalten nicht [STRAßBURG, 2010].

Als Befragungssoftware wurde „GloboDiet“ (früher EPIC-Soft) verwendet. „GloboDiet“ wurde von der International Agency for Research on Cancer (IARC) im Rahmen der europaweiten Kohortenstudie „European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition“ (EPIC) zur einheitlichen und standardisierten Durchführung von 24-h-Recalls entwickelt [SLIMANI und VALSTA, 2002].



### 3.2.4 Ablauf der Erhebung

Die Erhebungen fanden von Mai 2015 bis Juni 2016 statt.

Die ProbandInnen füllten zunächst den Online-Fragebogen aus. Zu einem vereinbarten Termin führten die InterviewerInnen das persönliche 24-h-Recall mit GloboDiet durch. Anhand von Fotobüchern, welche die Portionsgrößen der Lebensmittel darstellten, konnten die verzehrten Mengen korrekt quantifiziert werden. Weiters wurden während des persönlichen Interviews die anthropometrischen Messgrößen ermittelt. Das Zweitinterview fand nach zirka zwei Wochen per Telefon statt.

### 3.2.5 Berechnung des Cut-off Limits nach Goldberg

Um Under- bzw. Overreporting der StudienteilnehmerInnen zu identifizieren, wurde das Cut-off Limit nach GOLDBERG et al. [1991] angewendet. Die Cut-offs beschreiben den minimalen bzw. maximalen Wert des Energieverbrauchs und werden als ein Vielfaches der Basal Metabolic Rate (BMR) ausgedrückt.

Die Cut-off Limits wurden anhand folgender Formeln berechnet:

Underreporting

$$EI_{rep}: BM_{Rest} > PAL \times \exp \left[ SD_{min} \times \frac{S/100}{\sqrt{n}} \right]$$

Overreporting

$$EI_{rep}: BM_{Rest} < PAL \times \exp \left[ SD_{max} \times \frac{S/100}{\sqrt{n}} \right]$$

$$S = \sqrt{\frac{CV^2_{wEI}}{d} + CV^2_{wB} + CV^2_{tP}}$$

Für die Variationen wurde folgendes angenommen:

- $CV_{wEI} = 23 \%$
- $CV_{wB} = 8,5 \%$
- $CV_{tP} = 15 \%$

Verwendete Werte:

- PAL = 1,4
- $SD_{\min} = -2$
- n = 1977

Nach SCHOFIELD wurde die BMR berechnet [1985].

Für das untere Cut-off ergibt sich:

EI : BMR > 0,788

Für das obere Cut-off ergibt sich:

EI : BMR > 2,488

0,5 % der ProbandInnen weisen eine Energieaufnahme über dem Cut-off, 7,3 % unter dem Cut-off auf, während 92,2 % sich im Grenzbereich befinden.

Under- und Overreporter wurden von der Auswertung nicht ausgeschlossen, wenn

- ein Interview normal reported ist,
- ein Interview misreported ist,
- ein spezieller Tag und/oder eine spezielle Ernährung (freiwillige oder ärztlich verordnete Gewichtsreduktion) angegeben wurde.

### **3.2.6 Berechnung der Ballaststoffaufnahme**

Aus den Daten der 24-h-Recalls wurde die Ballaststoffaufnahme ermittelt. Da eine geringe Energieaufnahme meist eine geringere Zufuhr an Nährstoffen zur Folge hat, wurde neben der Ballaststoffaufnahme in Gramm auch die Ballaststoffdichte für die Interpretation herangezogen.

Die Ballaststoffaufnahme in g/Tag und die Ballaststoffdichte in g/MJ wurden für die Berechnungen nach Alter und Geschlecht kategorisiert (Tabelle 12 und Tabelle 13) [D-A-CH, 2018].

Tabelle 12: Kategorien Ballaststoffe g/Tag nach Geschlecht und Alter

Geschlecht und Alter	Ballaststoffe	
	Nicht erreicht	Erreicht
Männer und Frauen		
19 bis unter 25 Jahre	< 30 g/Tag	≥ 30 g/Tag
25 bis unter 51 Jahre		
51 bis unter 65 Jahre		

Tabelle 13: Kategorien Ballaststoffdichte g/MJ bzw. g/1000 kcal nach Geschlecht und Alter

Geschlecht und Alter	Ballaststoffdichte	
	Nicht erreicht	Erreicht
Männer		
19 bis unter 25 Jahre	< 3,0 g/MJ < 12,5 g/1000 kcal	≥ 3,0 g/MJ ≥ 12,5 g/1000 kcal
25 bis unter 51 Jahre	< 3,1 g/MJ < 13,0 g/1000 kcal	≥ 3,1 g/MJ ≥ 13,0 g/1000 kcal
51 bis unter 65 Jahre	< 3,3 g/MJ < 13,6 g/1000 kcal	≥ 3,3 g/MJ ≥ 13,6 g/1000 kcal
Frauen		
19 bis unter 25 Jahre	< 3,8 g/MJ < 15,8 g/1000 kcal	≥ 3,8 g/MJ ≥ 15,8 g/1000 kcal
25 bis unter 51 Jahre	< 3,9 g/MJ < 16,7 g/1000 kcal	≥ 3,9 g/MJ ≥ 16,7 g/1000 kcal
51 bis unter 65 Jahre	< 4,2 g/MJ < 17,6 g/1000 kcal	≥ 4,2 g/MJ ≥ 17,6 g/1000 kcal

### 3.4 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) mit den entsprechenden statistischen Verfahren ausgewertet.

Deskriptiv wurden die Daten mit dem arithmetischen Mittelwert (MW), der Standardabweichung (SD) oder dem Konfidenzintervall (CI 95 %) und die Nährstoffzufuhr als Median (P50) mit einem CI 95 % dargestellt.

Um den Mittelwert einer Stichprobe mit einem bestimmten Zielwert (z. B. Empfehlungen) zu vergleichen, wurde ein t-Test bei einer Stichprobe angewandt.

Zur Feststellung von Unterschieden bei nominalskalierten Variablen (z. B. Geschlecht) wurde der Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2$ -Test) angewandt.

Zur Ermittlung der signifikanten Zusammenhänge der kategorisierten Empfehlungen von Ballaststoffdichte bzw. quantitativer Aufnahme von Ballaststoffen und den ballaststoffreichen Lebensmittelgruppen sowie Ballaststoffaufnahme pro Mahlzeit wurde eine multivariate Varianzanalyse (MANOVA) angewandt. Bei nicht gegebener Varianzhomogenität wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse ANOVA durchgeführt.

Eine MANOVA wurde angewendet, um die signifikanten Zusammenhänge zwischen den anthropometrischen Messgrößen und dem Konsum ballaststoffreicher Lebensmittelgruppen festzustellen. Der Bonferroni Post-Hoc-Test wurde zum Vergleich für mehr als zwei Gruppen verwendet. Falls keine Varianzhomogenität gegeben war, wurde eine einfaktorielle ANOVA mit einem Games-Howell Post-Hoc Test zum Vergleich für mehr als zwei Gruppen angewandt.

Um einen möglichen Zusammenhang der Ballaststoffdichte bzw. aufgenommenen Ballaststoffmenge und den anthropometrischen Messgrößen zu ermitteln, wurde der Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2$ -Test) inklusive Effektstärken und Detailanalysen (standardisierte Residuen) verwendet.

Das Signifikanzniveau für alle Auswertungen wurde bei  $p < 0,05$  festgelegt.

## 4. Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Beschreibung des Studienkollektivs

Das Studienkollektiv umfasste 1.977 Personen im Alter von 19 bis 66 Jahren davon 753 Männer (38,1 %) und 1.224 Frauen (61,9 %) mit einem mittleren Alter von  $39,4 \pm 11,7$  Jahren (Abbildung 4).

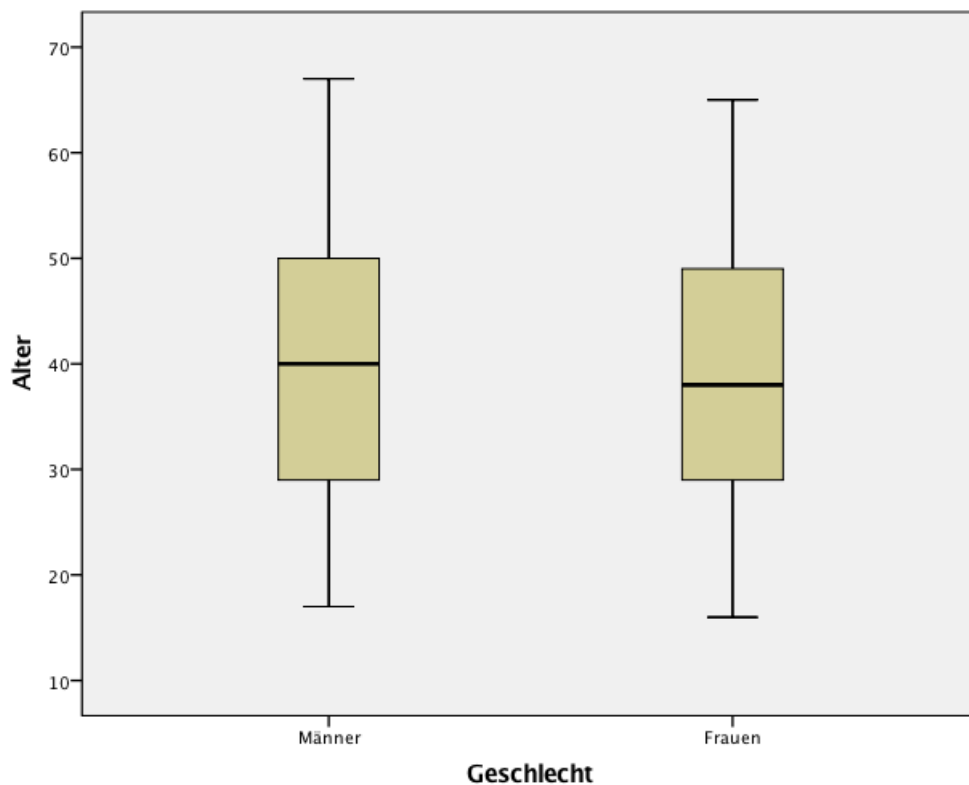


Abbildung 4: Mittleres Alter (in Jahren) der Stichprobe, getrennt nach Geschlecht

Die mittlere Ballaststoffdichte (BS-Dichte) der Frauen betrug  $2,7 \pm 1,1$  g/MJ. Die Differenz zwischen empfohlener Zufuhr und Aufnahme betrug im Mittel  $-1,7$  g/MJ. Bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung ist die mittlere BS-Dichte  $4,76 \pm 0,87$  g/MJ und bei Nichterreichung  $2,39 \pm 0,69$  g/MJ.

Frauen, welche die BS-Dichte-Empfehlung erreichen, haben eine mittlere Energieaufnahme von  $1634,63 \pm 530,19$  kcal/ Tag und jene, welche die Empfehlung nicht erreichen von  $1829,49 \pm 523,76$  kcal/ Tag.

Die mittlere BS-Dichte der Männer betrug  $2,2 \pm 1,0$  g/MJ. Die Differenz zwischen empfohlener Zufuhr und Aufnahme betrug im Mittel  $-0,9$  g/MJ. Bei Erreichung der BS-

Dichte-Empfehlung betrug diese im Mittel  $4,04 \pm 0,93$  g/MJ und bei Nichterreichung  $1,9 \pm 0,56$  g/MJ.

Männer, welche die BS-Dichte-Empfehlung erreichen, haben eine mittlere Energieaufnahme von  $2238,27 \pm 688,13$  kcal/ Tag und jene, die sie nicht erreichen von  $2472,84 \pm 709,29$  kcal/ Tag.

Die mittlere Ballaststoff-Aufnahme der Frauen betrug  $20,8 \pm 10,4$  g/Tag. Die Differenz zwischen empfohlener Zufuhr und Aufnahme betrug im Mittel  $-9,2$  g/Tag. Bei Erreichung der BS-Empfehlung ist die mittlere Aufnahme  $39,13 \pm 11,26$  g/Tag und bei Nichterreichung  $17,48 \pm 6$  g/Tag.

Frauen, welche die BS-Empfehlung erreichen, haben eine mittlere Energieaufnahme von  $2313,97 \pm 491,91$  kcal/Tag und jene, welche sie nicht erreichen von  $1739,78 \pm 495,97$  kcal/ Tag.

Die mittlere BS-Aufnahme der Männer betrug  $22,8 \pm 10,3$  g. Die Differenz zwischen empfohlener Zufuhr und Aufnahme betrug im Mittel  $-7,2$  g/Tag. Bei Erreichung der BS-Empfehlung ist die mittlere Aufnahme  $39,24 \pm 10,96$  g/Tag und bei Nichterreichung  $18,26 \pm 5,96$  g/Tag.

Männer, welche die BS-Empfehlung erreichen, haben eine mittlere Energieaufnahme von  $2928,37 \pm 786,88$  kcal/Tag und jene, die sie nicht erreichen von  $2345,57 \pm 653,12$  kcal/Tag.

87 % der Männer und 87,9 % der Frauen erreichen die BS-Dichte-Empfehlung nicht. (Abbildung 5).

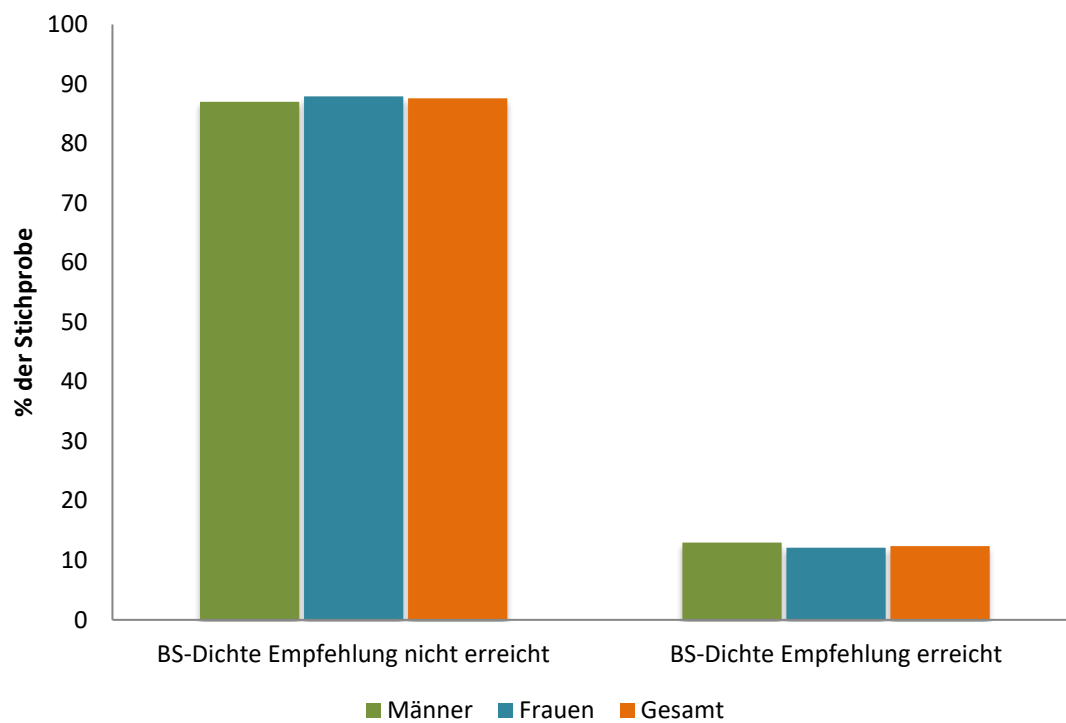


Abbildung 5: Anteil der Stichprobe, welche die BS-Dichte-Empfehlung erreichen /nicht erreichen, gesamt und getrennt nach Geschlecht dargestellt

Die Chi-Quadrattests zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ) zwischen den Geschlechtern und dem Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung gibt.

83,4 % der Männer und 88,5 % der Frauen erreichen die BS-Empfehlung nicht. (Abbildung 6).

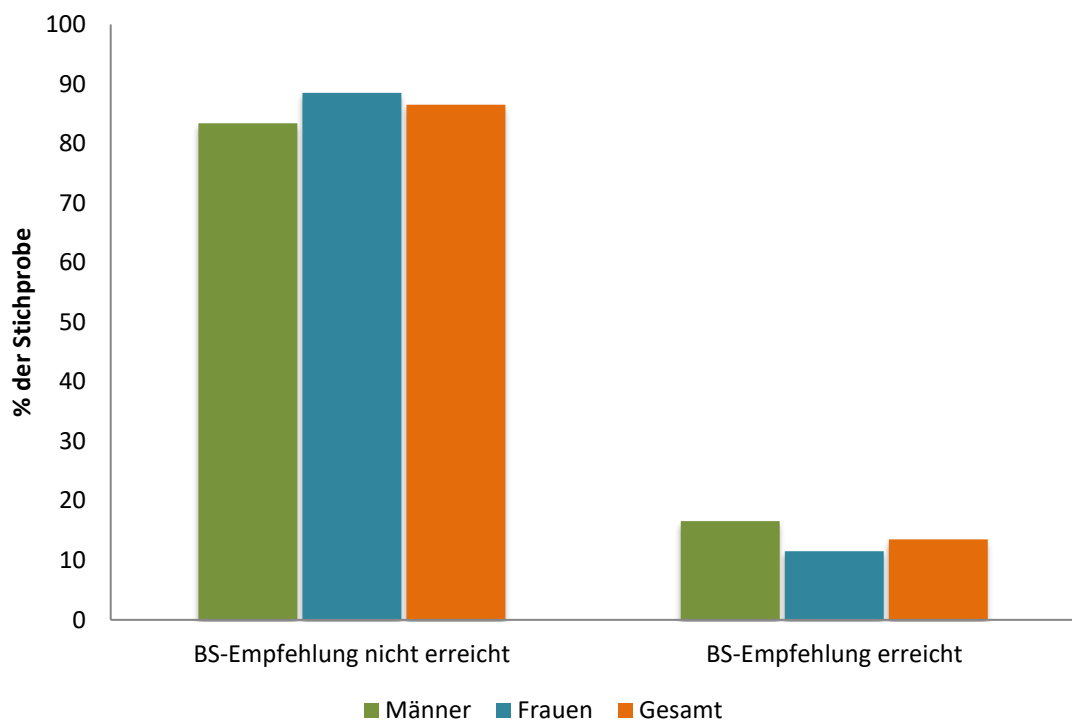


Abbildung 6: Anteil der Stichprobe, welche die BS-Empfehlung erreichen /nicht erreichen, gesamt und getrennt nach Geschlecht dargestellt

Die Chi-Quadrattests zeigen, dass Männer signifikant häufiger die quantitative BS-Empfehlung erreichen als Frauen ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2 Anthropometrische Charakteristika der Stichprobe

In diesem Kapitel werden die anthropometrischen Messgrößen des Gesamtkollektivs, eingeteilt nach BS-Dichte-Empfehlung erreicht/nicht erreicht und BS-Empfehlung erreicht/nicht erreicht, dargestellt (Tabelle 14 und Tabelle 15).

Wenn die BS-Dichte-Empfehlung erreicht wurde, betrug der BMI im Mittel bei Männern 24,3 [23,3; 25,4]  $\text{kg/m}^2$  und 22,5 [21,4; 23,6]  $\text{kg/m}^2$  bei Frauen. Wenn die Empfehlung nicht erreicht wurde, lag der BMI im Mittel bei Männern 25,2 [24,7; 25,6]  $\text{kg/m}^2$  und 23,4 [23,0; 23,8]  $\text{kg/m}^2$  bei Frauen.

Der mittlere Taillenumfang bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung betrug im Mittel 87,9 [84,5; 91,4] cm bei Männern und 77,9 [74,8; 80,9] cm bei Frauen. Bei Nichterreichung der Empfehlung betrug der mittlere Taillenumfang 90,6 [89,3; 91,9] cm bei Männern und 81,9 [80,8; 83,0] cm bei Frauen.



Sowohl bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung als auch Nichterreichung betrug die WHR im Mittel 0,9 [0,9; 0,9] bei Männern und 0,8 [0,8; 0,8] bei Frauen.

Tabelle 14: Anthropometrische Charakteristika der Stichprobe getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlungen

	Erreicht (n = 246) MW [95 % CI]		Nicht erreicht (n = 1731) MW [95 % CI]		p-Wert
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	
Körpergröße (cm)	180,2 [178,0; 182,3]	165,3 [163,7; 166,9]	179,0 [178,2; 179,8]	166,6 [166,0; 167,1]	Männer: 0,288 Frauen: 0,451
Körpergewicht (kg)	79,3 [74,9; 83,7]	61,6 [58,3; 64,9]	80,7 [79,1; 82,2]	64,9 [63,7; 66,1]	Männer: 0,199 Frauen: 0,186
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,3 [23,3; 25,4]	22,5 [21,4; 23,6]	25,2 [24,7; 25,6]	23,4 [23,0; 23,8]	Männer: 0,055 Frauen: 0,188
Taillenumfang (cm)	87,9 [84,5; 91,4]	77,9 [74,8; 80,9]	90,6 [89,3; 91,9]	81,9 [80,8; 83,0]	Männer: 0,066 Frauen: 0,13
Hüftumfang (cm)	99,9 [97,7; 102,1]	97,5 [95,1; 100,0]	101,5 [100,6; 102,3]	100,4 [99,5; 101,3]	Männer: 0,040 Frauen: 0,231
Waist-to-Hip Ratio	0,9 [0,9; 0,9]	0,8 [0,8; 0,8]	0,9 [0,9; 0,9]	0,8 [0,8; 0,8]	Männer: 0,230 Frauen: 0,433
	Erreicht (n = 101) MW [95 % CI]		Nicht erreicht (n = 730) MW [95 % CI]		
Körperfettanteil (%)	18,4 [16,4; 20,3]	27,9 [25,9; 29,9]	20,2 [19,4; 21,0]	29,1 [28,3; 29,8]	Männer: 0,108 Frauen: 0,171

Wenn die BS-Empfehlung erreicht wurde, betrug der BMI im Mittel bei Männern 24,2 [23,4; 25,0] kg/m<sup>2</sup> und 21,7 [20,9; 22,5] bei Frauen. Wenn die Empfehlung nicht erreicht wurde, betrug der BMI im Mittel bei Männern 25,2 [24,8; 25,7] kg/m<sup>2</sup> und 23,5 [23,1; 24,0] kg/m<sup>2</sup> bei Frauen.

Der mittlere Taillenumfang bei Erreichung der BS-Empfehlung betrug im Mittel 88,2 [85,6; 90,8] cm bei Männern und 78,7 [76,0; 81,3] cm bei Frauen. Bei Nichterreichung der Empfehlung betrug der mittlere Taillenumfang 90,6 [89,3; 92,0] cm bei Männern und 81,8 [80,7; 82,9] cm bei Frauen.

Sowohl bei Erreichung der BS-Empfehlung als auch Nichterreichung betrug die WHR im Mittel 0,9 [0,9; 0,9] bei Männern und 0,8 [0,8; 0,8] bei Frauen.

Der mittlere Körperfettanteil lag bei Erreichung der BS-Empfehlung bei 17,9 [16,0; 19,9] % bei Männern und 26,7 [25,1; 28,4] % bei Frauen. Wenn die Empfehlung nicht erreicht wurde, liegt der Körperfettanteil im Mittel 20,3 [19,6; 21,1] % bei Männern und 29,2 [28,5; 30,0] % bei Frauen.

Tabelle 15: Anthropometrische Charakteristika der Stichprobe getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung von 30g/Tag

	Erreicht (n = 266) MW [95 % CI]		Nicht erreicht (n = 1.771) MW [95 % CI]		p-Wert
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	
Körpergröße (cm)	180,6 [178,7; 182,4]	166,6 [164,9; 168,2]	178,8 [178,0; 179,6]	166,4 [165,9; 166,9]	Männer: 0,023 Frauen: 0,071
Körpergewicht (kg)	79,1 [75,9; 82,2]	60,4 [57,6; 63,2]	80,8 [79,1; 82,4]	65,1 [63,9; 66,3]	Männer: 0,310 Frauen: 0,074
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,2 [23,4; 25,0]	21,7 [20,9; 22,5]	25,2 [24,8; 25,7]	23,5 [23,1; 24,0]	Männer: 0,066 Frauen: 0,331
Taillenumfang (cm)	88,2 [85,6; 90,8]	78,7 [76,0; 81,3]	90,6 [89,3; 92,0]	81,8 [80,7; 82,9]	Männer: 0,316 Frauen: 0,094
Hüftumfang (cm)	96,9 [94,9; 99,0]	97,5 [95,1; 100,0]	101,5 [100,6; 102,4]	100,5 [99,6; 101,4]	Männer: 0,020 Frauen: 0,008
Waist-to-Hip Ratio	0,9 [0,9; 0,9]	0,8 [0,8; 0,8]	0,9 [0,9; 0,9]	0,8 [0,8; 0,8]	Männer: 0,051 Frauen: 0,796
	Erreicht (n = 119) MW [95 % CI]		Nicht erreicht (n = 712) MW [95 % CI]		p-Wert
Körperfettanteil (%)	17,9 [16,0; 19,9]	26,7 [25,1; 28,4]	20,3 [19,6; 21,1]	29,2 [28,5; 30,0]	Männer: 0,003 Frauen: 0,010

### 4.3 Zusammenhang zwischen Ballaststoffempfehlung und Wasseraufnahme

Bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung bzw. BS-Empfehlung wurde hoch signifikant mehr Wasser aufgenommen im Vergleich zur Nichterreichung der BS-Dichte-Empfehlung bzw. BS-Empfehlung ( $p < 0,001$ ) (Abbildung 7 und Abbildung 8).

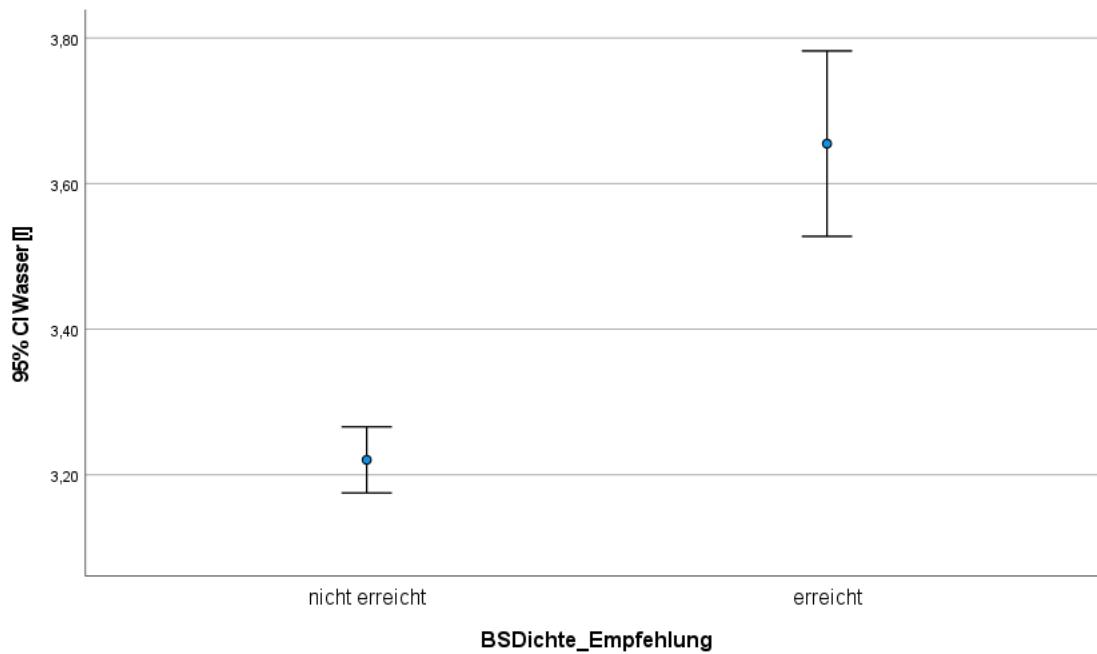


Abbildung 7: Fehlerbalkendiagramm Wasseraufnahme in L nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

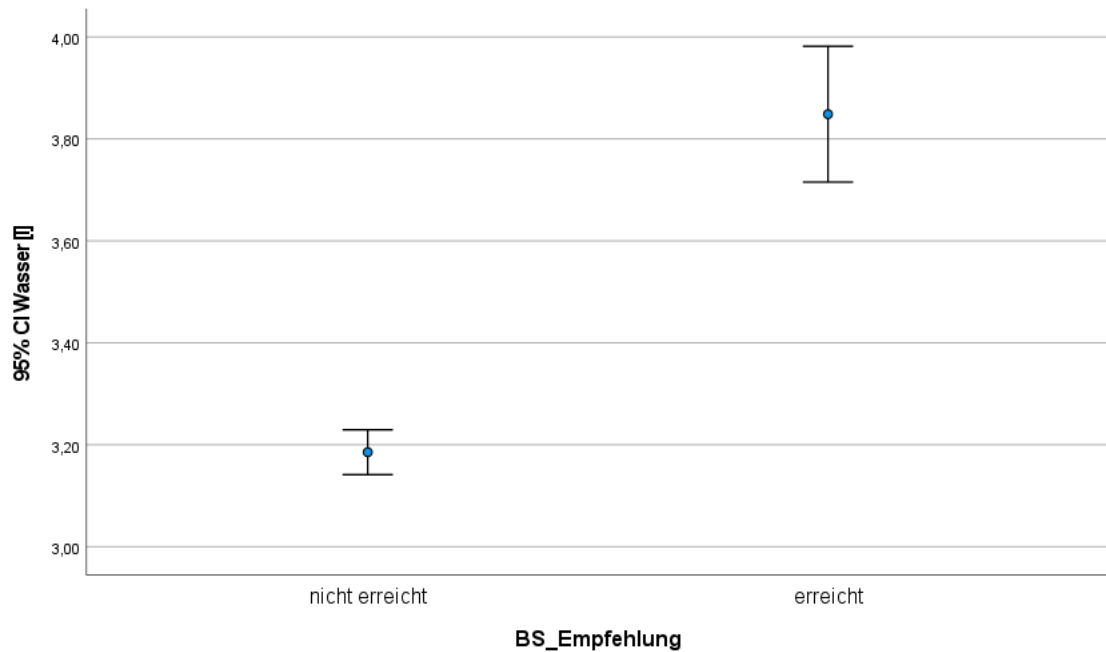


Abbildung 8: Fehlerbalkendiagramm Wasseraufnahme in L nach Erreichen der BS-Empfehlung von 30 g/Tag

Die höhere Wasseraufnahme könnte darauf zurückzuführen sein, dass die ProbandInnen die Empfehlung einer ausreichenden Flüssigkeitszufuhr bei höherer Ballaststoffaufnahme umsetzen [D-A-CH, 2018].

#### 4.4 Zusammenhang zwischen Ballaststoffempfehlung und der Mahlzeiten

Für die Berechnungen wurden fünf Mahlzeiten – drei Hauptmahlzeiten und zwei Zwischenmahlzeiten – herangezogen und der Mittelwert der Ballaststoffe pro Mahlzeit und Tag in Gramm angegeben.

Wie in Abbildung 9 und Abbildung 10 ersichtlich nahmen jene, die sowohl die BS-Dichte-Empfehlung als auch die BS-Empfehlung erreichten, im Mittel hochsignifikant mehr Ballaststoffe pro Mahlzeit auf ( $p < 0,001$ ). Zu sehen ist, dass die höchste Zufuhr an Ballaststoffen in beiden Gruppen während den Hauptmahlzeiten – Frühstück (BS-Dichte 26,3 %; BS 25,9 %), Mittagessen (BS-Dichte 27,0 %; BS 27,4 %) und Abendessen (BS-Dichte 27,4 %; BS 27,3 %) – aufgenommen wurde. Die Hauptmahlzeiten tragen somit wesentlich zur Gesamt-BS-Zufuhr bei sowie wird bei jeder Hauptmahlzeit doppelt so viele Ballaststoffe aufgenommen.

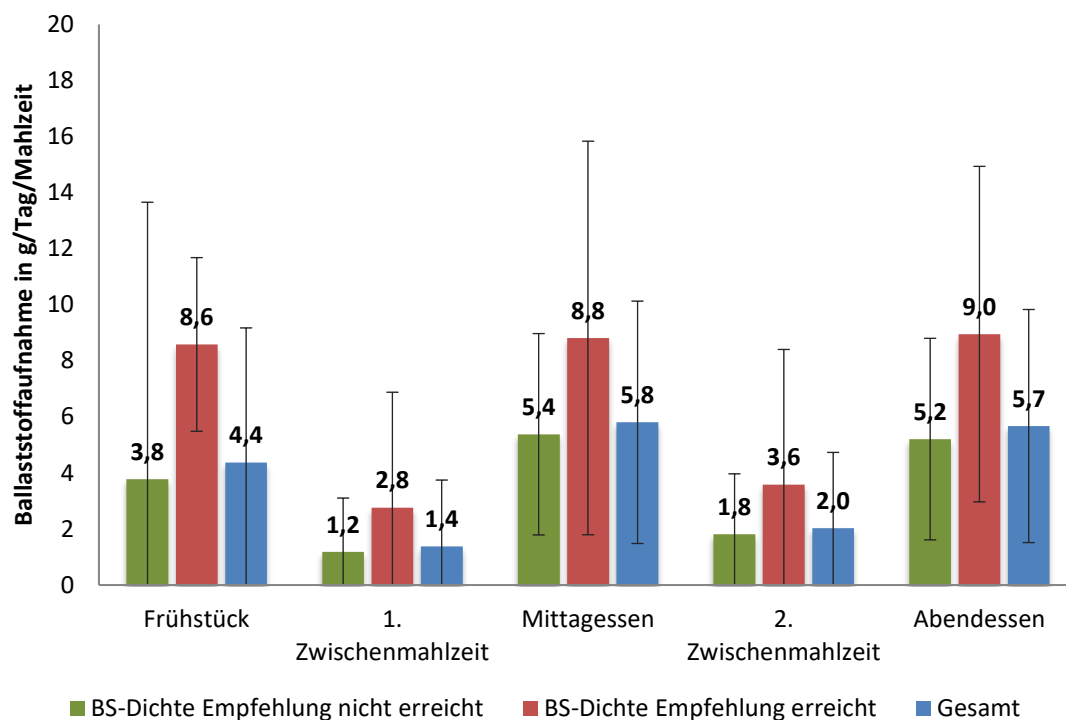


Abbildung 9: Ballaststoffaufnahme in g/Tag/Mahlzeiten (MW±SD) gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

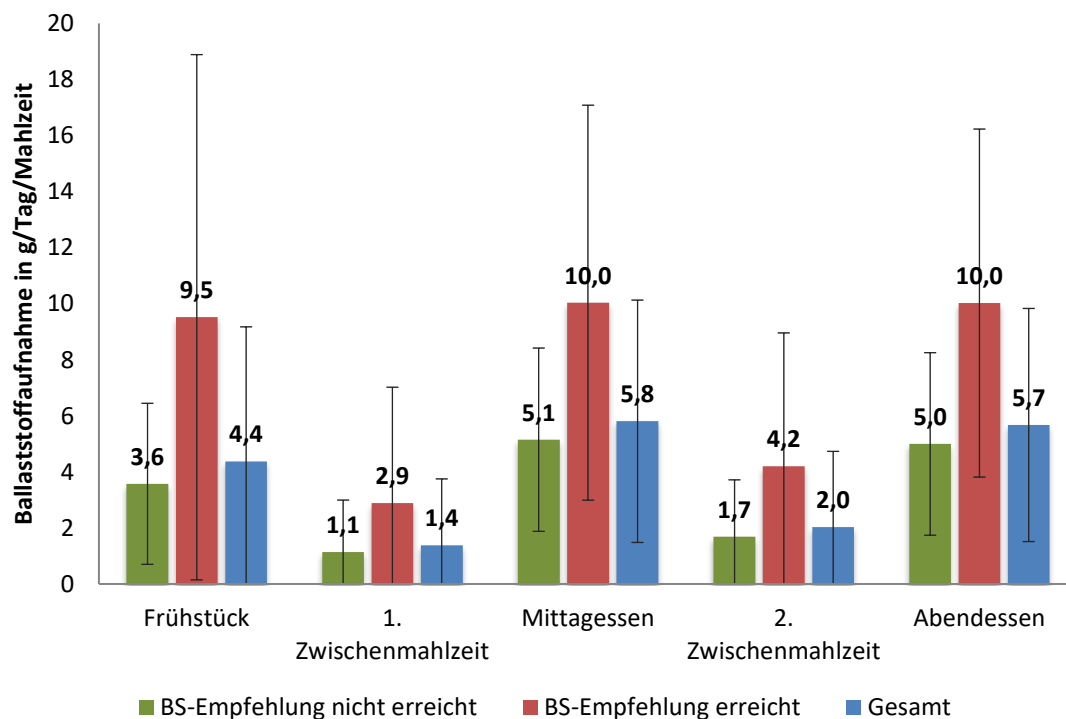


Abbildung 10: Ballaststoffaufnahme in g/Tag/Mahlzeiten (MW±SD) gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung von 30g/Tag

Zu dieser Beobachtung ist auch die Auswertung der NHANES Daten (1999-2002) gekommen. Personen, die frühstücken haben im Vergleich mit jenen die nicht frühstücken eine günstigere Nährstoffzufuhr und höhere Ballaststoffaufnahme [DESHMUKH-TASKAR et al., 2010]. Eine weitere Auswertung der NHANES Daten (1999-2002) konnte ebenso nachweisen, dass eine höhere Ballaststoffaufnahme in Zusammenhang mit der Häufigkeit der täglich aufgenommenen Mahlzeiten steht [KERVER et al., 2006].

Das Weglassen von Mahlzeiten könnte ein Indikator der Nährstoffaufnahme sein, um Rückschlüsse auf die Ernährungsqualität zu ziehen [LEECH et al., 2015]. ZEBALLOS und TODD [2020] haben festgestellt, dass das Weglassen von Mahlzeiten, insbesondere Abendessen, in einer geringeren Energieaufnahme resultiert und die Ernährungsqualität verringert.

Ein höherer Ballaststoffgehalt pro Mahlzeit könnte dazu beitragen den Appetit und die Nahrungsaufnahme zu reduzieren und daher regulierend auf die tägliche Energiezufuhr zu wirken [HAMEDANI et al., 2009; GUESS et al., 2015]. Der dafür verantwortliche Mechanismus ist die Fähigkeit der Ballaststoffe (hauptsächlich lösliche Ballaststoffe) viskose Gele zu bilden, welche die Magenentleerung verzögern. Diese helfen einerseits das Sättigungsgefühl zu steigern und folglich die Energieaufnahme zu reduzieren [KRISTENSEN und JENSEN, 2011] und andererseits die postprandiale Glucose durch Verzögerung der intestinalen Resorption zu kontrollieren [LUPTON, 2009].

#### **4.5 Zusammenhang zwischen Ballaststoffempfehlung und Anteil ballaststoffreicher Lebensmittelgruppen**

Zur Berechnung wurden die Mittelwerte der ballaststoffreichen Lebensmittelgruppen der 24h-Recalls herangezogen. Als ballaststoffreiche Lebensmittel gelten Hülsenfrüchte, Nüsse bzw. Samen, Vollkorngetreide sowie Obst und Gemüse [MARLETT und CHEUNG, 1997]. In die Berechnung wurden auch Kartoffeln und andere stärkehaltige Wurzelknollen einbezogen, da sie auch einen gewissen Anteil an Ballaststoffen enthalten (siehe Kapitel 2.1.2)



Zwischen Personen, welche die BS-Dichte-Empfehlung erreichten und jenen, die unter den Empfehlungen lagen, konnten in der durchschnittlichen Aufnahmemenge von Obst und Gemüse ( $606,6 \pm 284,0$  g/Tag), Hülsenfrüchten ( $34,2 \pm 79,8$  g/Tag) sowie Nüssen und Samen ( $21,6 \pm 32,8$  g/Tag) hochsignifikante Unterschiede festgestellt werden ( $p < 0,001$ ). Keine signifikanten Unterschiede zeigten sich beim Verzehr von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen ( $71,0 \pm 104,7$  g/Tag) sowie Getreide, Getreideprodukten und Körner ( $216,7 \pm 130,8$  g/Tag) (Abbildung 11).

Die Aufnahmemenge der Getreide, -produkte und Körner setzte sich bei jenen, die die BS-Dichte-Empfehlung erreichen, folgendermaßen zusammen: Brot, Brötchen und Kipfel 32 %, Dauerbackwaren 6,6 %, Flocken, Grieß, Keime, Mehl, Schrot und Stärke 29,1 %, Frühstückscerealien 7,7 %, nicht spezifizierte sowie gemischte Getreide, Getreideprodukte und Körner 0,1% und Teigwaren, Reis, andere Getreide und Körner 24,5 %. 57,7 % der Getreide, -produkte und Körner aus Vollkorn.

Wurde die BS-Dichte-Empfehlung nicht erreicht setzte sich die Aufnahmemenge der Getreide, -produkte und Körner folgendermaßen zusammen: Brot, Brötchen und Kipfel 31,7 %, Dauerbackwaren 9,8 %, Flocken, Grieß, Keime, Mehl, Schrot und Stärke 30,1 %, Frühstückscerealien 6,2 %, nicht spezifizierte sowie gemischte Getreide, Getreideprodukte und Körner 0,1% und Teigwaren, Reis, andere Getreide und Körner 22,1 %. 35,3 % der Getreide, -produkte und Körner aus Vollkorn.

Wurde die BS-Dichte-Empfehlung erreicht wurde signifikant mehr Vollkorn ( $62,1 \pm 79,7$  g/Tag) aufgenommen ( $p < 0,01$ ) (Abbildung 12).

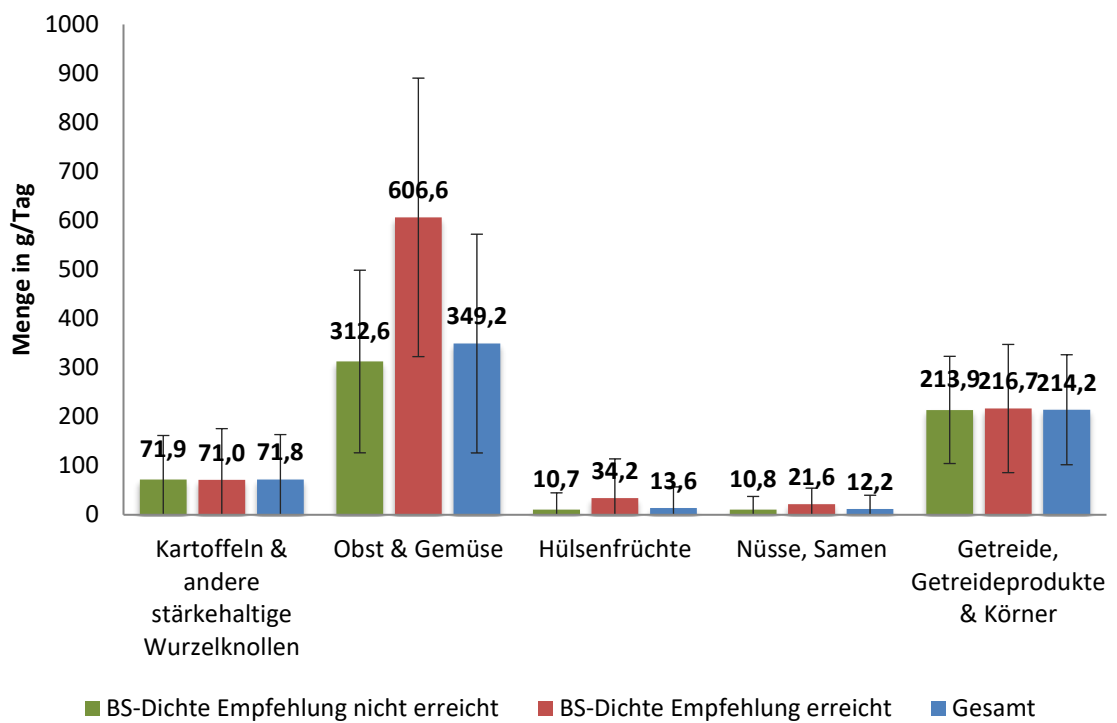


Abbildung 11: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag  $\pm$ SD) gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

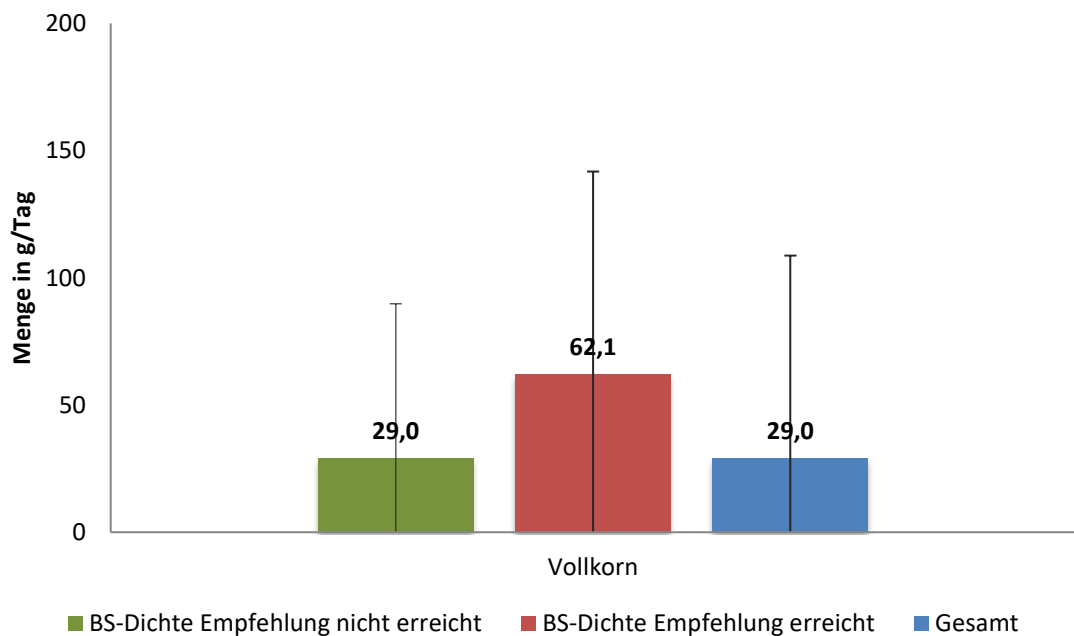


Abbildung 12: Aufnahmemenge Vollkorn (in g/Tag  $\pm$ SD) gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

Zwischen Personen, welche die BS-Empfehlung erreichten, konnten verglichen mit jenen, deren Zufuhr unterhalb der Empfehlungen lag, in der durchschnittlichen Aufnahmemenge aller ballaststoffreicher Lebensmittelgruppen signifikante Unterschiede festgestellt werden – Kartoffeln und andere stärkehaltige Wurzelknollen  $628,1 \pm 285,0$  g/Tag ( $p < 0,05$ ); Obst und Gemüse  $628,1 \pm 285,0$  g/Tag; Hülsenfrüchte  $34,5 \pm 79,3$  g/Tag; Nüsse und Samen  $28,3 \pm 51,6$  g/Tag; Getreide, -produkte und Körner  $289,0 \pm 146,1$  g/Tag ( $p < 0,001$ ) (Abbildung 13).

Die Aufnahmemenge der Getreide, -produkte und Körner setzte sich bei jenen, welche die BS-Empfehlung erreichten folgendermaßen zusammen: Brot, Brötchen und Kipfel 29,6 %, Dauerbackwaren 9,5 %, Flocken, Grieß, Keime, Mehl, Schrot und Stärke 28,6 %, Frühstückscerealien 8,6 %, nicht spezifizierte sowie gemischte Getreide, Getreideprodukte und Körner 0,1% und Teigwaren, Reis, andere Getreide und Körner 23,6 %. 55,3 % der Getreide, -produkte und Körner aus Vollkorn.

Wurde die BS-Empfehlung nicht erreicht setzte sich die Aufnahmemenge der Getreide, Getreideprodukte und Körner folgendermaßen zusammen: Brot, Brötchen und Kipfel 32,1 %, Dauerbackwaren 9,5 %, Flocken, Grieß, Keime, Mehl, Schrot und Stärke 30,2 %, Frühstückscerealien 6,0 %, nicht spezifizierte sowie gemischte Getreide, Getreideprodukte und Körner 0,1% und Teigwaren, Reis, andere Getreide und Körner 22,2 %. 35,4 % der Getreide, -produkte und Körner aus Vollkorn.

Wurde die BS-Empfehlung erreicht wurde signifikant mehr Vollkorn ( $68,0 \pm 91,0$  g/Tag) aufgenommen ( $p < 0,01$ ) (Abbildung 14).

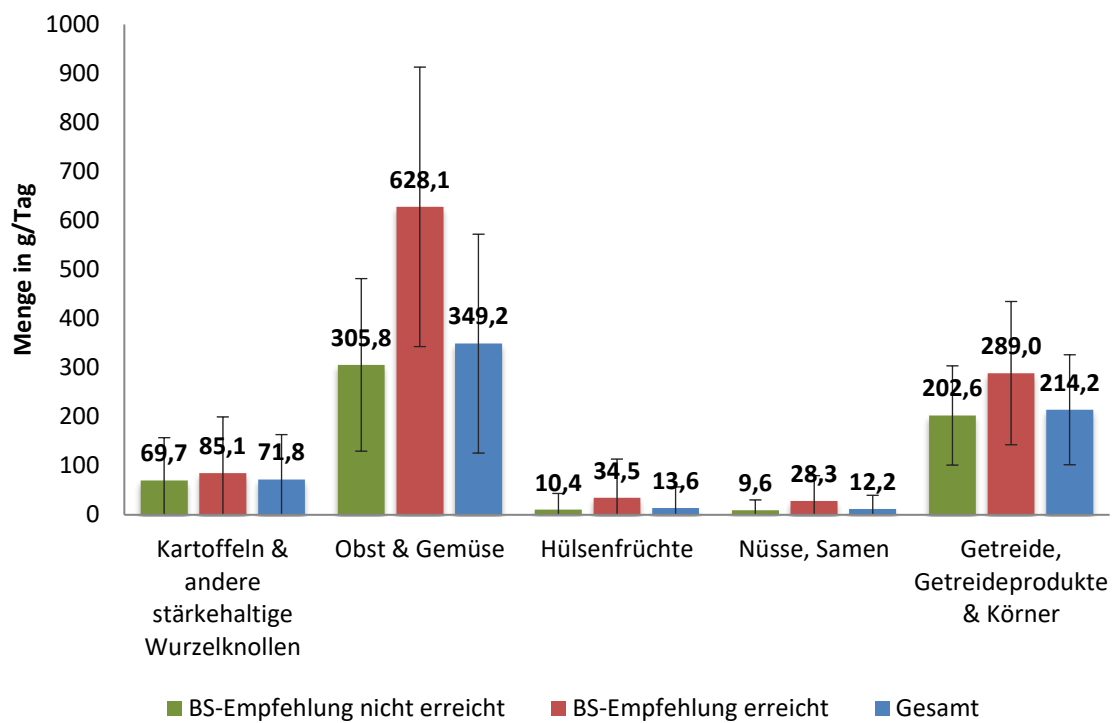


Abbildung 13: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag  $\pm$ SD) gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung

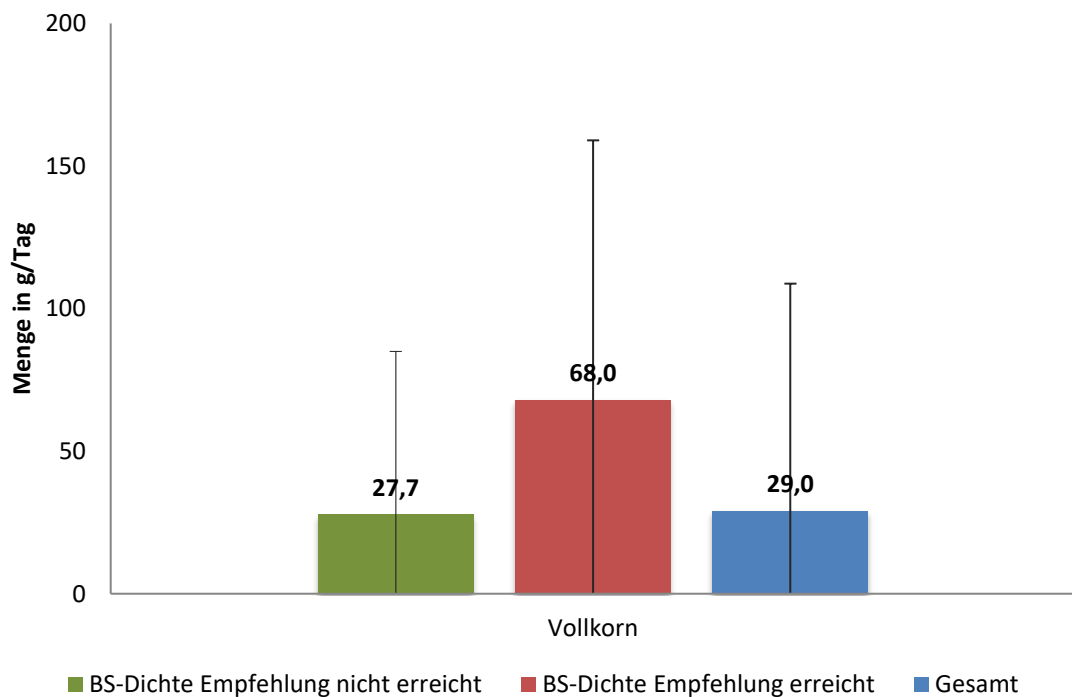


Abbildung 14: Aufnahmemenge Vollkorn (in g/Tag  $\pm$ SD) gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung

Der Verzehr von Nahrung mit einer hohen Nährstoffdichte hat im Vergleich von Nahrung mit hoher Energiedichte ähnliche bis höhere Sättigungseffekte, ähnliches Hungergefühl, Völlegefühl jedoch mit einer Verringerung der Energieaufnahme [KRAL und ROLLS, 2004; POPPITT und PRENTICE, 1996].

Lösliche und viskose Ballaststoffe, welche in Getreide wie Roggen vorkommen, können durch eine erhöhte Magenretention und durch Fermentation im Dickdarm besonders sättigend wirken, während sie gleichzeitig aufgrund ihrer antinutritiven Wirkung eine negative Nettoenergie haben. Lösliche, aber nicht viskose Ballaststoffe, welche in einigen Obstsorten vorkommen, haben möglicherweise einen nicht bedeutsamen Effekt auf die Sättigung, da diese weniger stark die Magenretention beeinflussen sowie keine antinutritive Wirkung besitzen und mit dem positiven Energiewert zur Energieaufnahme beitragen sowie im Dickdarm nahezu vollständig fermentiert werden [DE GRAAF et al., 2004; HERVIK und SVIHUS, 2019].

Studien bestätigen, dass die reduzierte Energieaufnahme das Risiko für Übergewicht/Adipositas senken kann [RAYNOR et al. 2011; PEREZ-ESCAMILLA et al. 2012; KARL und ROBERTS 2014; ROUHANI et al., 2016; STELMACH-MARDAS et al., 2016].

#### **4.6 Zusammenhang des Konsums ballaststoffreicher Lebensmittel und dem Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr mit anthropometrischen Messgrößen**

##### **4.6.1 Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit dem Body Mass Index**

Bei Betrachtung der Zusammenhänge des Konsums ballaststoffreicher Lebensmittel mit dem BMI konnten folgende Ergebnisse festgestellt werden (Tabelle 16).

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der durchschnittlichen Aufnahme von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Nüssen und Samen, Vollkorn und der BMI-Klassifizierung ( $p < 0,05$ ).

Kartoffeln und andere stärkehaltige Wurzelknollen wurden im Mittel von adipösen Teilnehmern ( $89,2 \pm 99,7$  g/Tag) signifikant mehr aufgenommen verglichen mit normalgewichtigen ( $70,8 \pm 90,0$  g/Tag).

BORCH et al. [2016] haben in ihrer Übersichtsarbeit keinen Zusammenhang zwischen erhöhter Zufuhr von Kartoffeln und erhöhtem BMI festgestellt. Es gibt jedoch einige Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen dem Konsum von Pommes Frites und Adipositas [BORCH et al, 2016].

Die normalgewichtigen Studienteilnehmer nahmen durchschnittlich signifikant mehr Nüsse und Samen ( $13,7 \pm 30,6$  g/Tag) auf als die Übergewichtigen ( $9,0 \pm 19,7$  g/Tag).

In einer Querschnittstudie und Metaanalyse konnte ein inverser Zusammenhang zwischen erhöhter Aufnahme von Nüssen und dem BMI nachgewiesen werden [LAIRON et al., 2005; LI et al., 2018].

Vollkorn wurde im Mittel signifikant mehr von Normalgewichtigen ( $35,7 \pm 66,2$  g/Tag) als Adipösen ( $21,8 \pm 45,1$  g/Tag) verzehrt.

Zu ähnlichen Ergebnissen zwischen höherer Vollkornaufnahme und dem BMI sind HARLAND und GARTON [2008], VAN DE VIJVER et al. [2009], O'NEIL et al. [2010], MAKI et al. [2019] und GIBSON et al. [2019] gekommen.

Keine signifikanten Unterschiede wurden zwischen der täglich mittleren Aufnahmemenge von Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten und Getreide, Getreideprodukten und Körnern der BMI-Klassifizierung festgestellt ( $p > 0,05$ ). Diese Ergebnisse der Arbeit widersprechen jenen in der Literatur.

Der systematische Review und die Metaanalyse von SCHWINGSHACKL et al. [2015] zeigte, dass eine erhöhte Aufnahme von Obst und Gemüse sich positiv auf den BMI auswirkt.

Die Airwave Health Monitoring Study (2007–2012) zeigte eine signifikante inverse Assoziation zwischen höherer Zufuhr an Nicht-Vollkorn Getreide und der BMI-Klassifizierung [GIBSON et al., 2019].

Zum Zusammenhang einer erhöhten Aufnahme von Hülsenfrüchten und dem BMI gibt es in der aktuellen Literatur keine Studien.

Tabelle 16: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag  $\pm$ SD) getrennt nach BMI-Klassifizierung (n = 1.971)

	BMI-Klassifizierung			
	Untergewicht	Normalgewicht	Übergewicht	Adipositas
Ballaststoffreiche Lebensmittel in g/Tag				
Kartoffeln & andere stärkehaltige Wurzelknollen	63,4 $\pm$ 85,2	70,8 $\pm$ 90,0	67,6 $\pm$ 92,9	89,2 $\pm$ 99,7
Obst & Gemüse	367,1 $\pm$ 206,1	357,5 $\pm$ 226,9	338,7 $\pm$ 225,2	320,7 $\pm$ 197,5
Hülsenfrüchte	21,9 $\pm$ 50,5	13,4 $\pm$ 40,4	13,1 $\pm$ 42,5	13,6 $\pm$ 56,9
Nüsse, Samen	12,8 $\pm$ 23,9	13,7 $\pm$ 30,6	9,0 $\pm$ 19,7	10,2 $\pm$ 26,1
Getreide, Getreideprodukte & Körner	229,8 $\pm$ 109,3	215,5 $\pm$ 113,1	218,3 $\pm$ 112,5	193,7 $\pm$ 104,6
Vollkorn	34,6 $\pm$ 68,6	35,7 $\pm$ 66,2	31,2 $\pm$ 65,3	21,8 $\pm$ 45,1

Bei Betrachtung der Erreichung von BS-Dichte-Empfehlung und BS-Empfehlung und dem BMI zeigten sich folgende Erkenntnisse.

Wurde die BS-Dichte-Empfehlung nicht erreicht lag die Prävalenz von Übergewicht bei 25,3 % und von Adipositas bei 10,9 %. Wurde die BS-Dichte-Empfehlung erreicht lag sie bei 20,7 % bzw. 8,1 % (Abbildung 15).

Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen BMI-Klassifizierung und dem Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung ( $p > 0,05$ ).

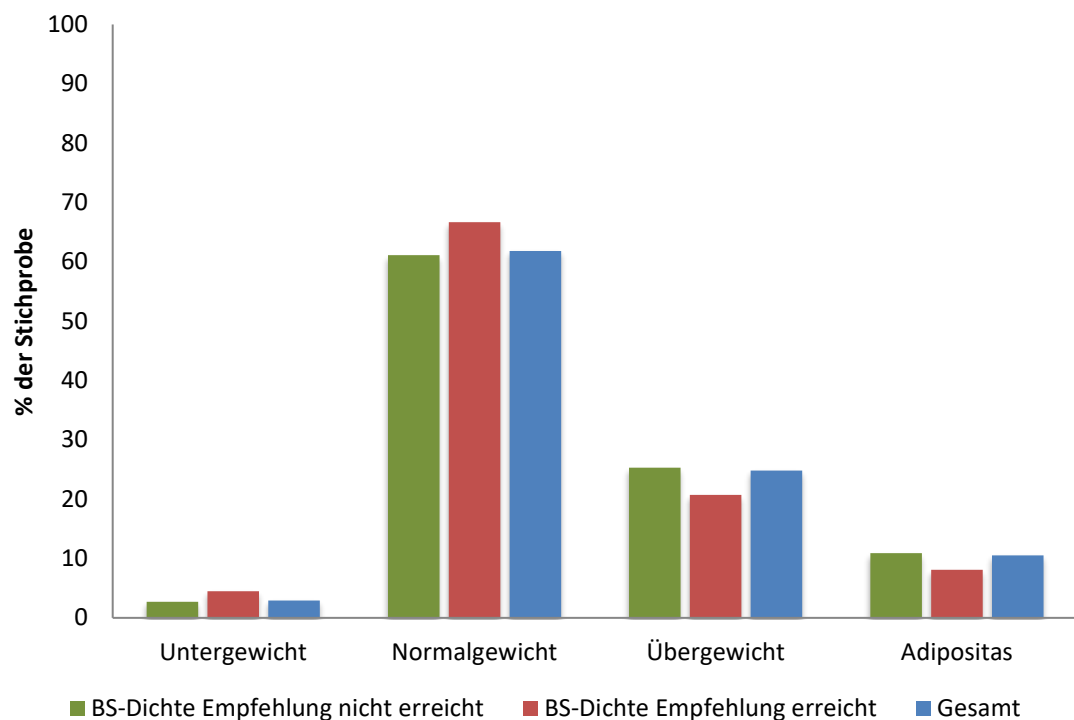


Abbildung 15: Anteil unter-, normal-, übergewichtiger und adipöser ProbandInnen gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

Wurde die BS-Empfehlung nicht erreicht lag die Prävalenz von Übergewicht bei 25 % und von Adipositas 11,3 %. Wurde die BS-Dichte-Empfehlung erreicht bei 22,9 % bzw. 5,6 % (Abbildung 16).

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen BMI-Klassifizierung und BS-Empfehlung festgestellt werden ( $p < 0,05$ ). Bei der BMI-Klassifizierung „Normalgewicht“ wurde signifikant häufiger die BS-Empfehlung erreicht und bei den Adipösen signifikant seltener.



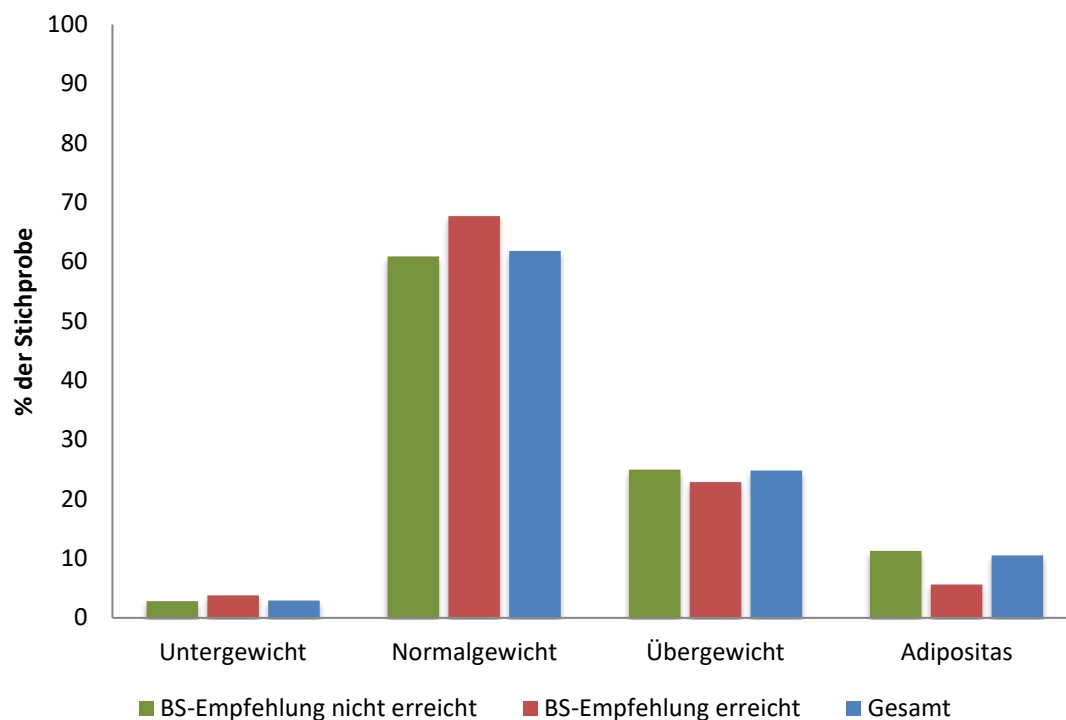


Abbildung 16: Anteil unter-, normal-, übergewichtiger und adipöser ProbandInnen gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung

LAIRON et al. [2005], DU et al. [2010] und GIBSON et al. [2019] konnten feststellen, dass eine höhere Aufnahme der Gesamtballaststoffe in Zusammenhang mit einem niedrigen BMI steht. Ergänzend haben JOVANOVSKI et al. [2020] bei RCT nachgewiesen, dass eine Zufuhr von 8 g viskose Ballaststoffe pro Tag den BMI der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant reduziert. Studien konnten zudem nachweisen, dass Nüsse, welche BS-reich und eine hohe Energiedichte haben, keinen Zusammenhang mit einem erhöhten BMI haben und vor Übergewicht und Adipositas schützen können [LAIRON et al., 2005; ESLAMI et al., 2019].

#### 4.6.2 Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit der Waist-Circumference

Bei Betrachtung der Zusammenhänge zwischen der Aufnahme ballaststoffreicher Lebensmittel und der WC-Klassifizierung konnten folgende Ergebnisse festgestellt werden (Tabelle 17).

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der mittleren Aufnahme von Getreide, Getreideprodukten und Körnern und der WC-Klassifizierung ( $p < 0,05$ ).

Getreide, Getreideprodukten und Körnern wurden von der Gruppe „Kein Risiko für metabolische Komplikationen“ im Mittel ( $221,7 \pm 116,4$  g/Tag) signifikant mehr aufgenommen als von der Gruppe „Wesentlich erhöhtes Risiko“ ( $192,6 \pm 104,1$  g/Tag).

In der 6,5-jährigen Nachbeobachtungsperiode der EPIC-Studie zeigte eine erhöhte Aufnahme von Getreideballaststoffen einen signifikanten inversen Zusammenhang mit der WC [DU et al., 2010].

Zwischen der Aufnahme von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten, Nüssen und Samen und Vollkorn und der WC wurde kein signifikanter Zusammenhang beobachtet ( $p > 0,05$ ).

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem Konsum von Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten, Nüssen und Samen und Vollkorn und der WC wurden in der Literatur Zusammenhänge gefunden.

Die systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse von SCHWINGSHACKL et al. [2015] konnte nachweisen, dass eine erhöhte Aufnahme von Obst zu einer Abnahme der WC führt. Auch die Auswertung der Airwave Health Monitoring Study (2007–2012) konnte feststellen, dass eine erhöhte Aufnahme von Obst (Q5:  $1,84\text{--}11,02$  g/1000 kcal) und Gemüse (Q5:  $2,95\text{--}14,85$  g/1000 kcal) sich positiv auf die WC auswirken [GIBSON et al., 2019].

Eine Metaanalyse von 62 RCT zeigte, dass eine erhöhte Aufnahme von Nüssen mit einem signifikant niedrigeren WC zusammenhängt [LI et al., 2018]. Die systematische Übersichtsarbeit von ESLAMI et al. [2019] konnte einen inversen Zusammenhang zwischen Nussverzehr und WC nachweisen.

Ein systematischer Review folgte, dass eine erhöhte Aufnahme von Vollkornprodukten mit einem signifikant niedrigen WC zusammenhängt [HARLAND und GARTON, 2008]. Ähnliche Ergebnisse zeigte die Auswertung der NHANES Daten. Die Erreichung der empfohlenen Menge an Vollkornprodukten hängt mit einer niedrigen

WC zusammen [O'NEIL et al., 2010]. GIBSON et al. [2019] konnten signifikante Zusammenhänge zwischen Vollkorn und der WC feststellen.

Die Auswertung der NHANES Daten zeigte, dass Personen mit einem hohen Konsum von Bohnen eine signifikant geringere WC haben [PAPANIKOLAOU und FULGONI, 2008]. Zu einem ähnlichen Ergebnis ist die Querschnittsstudie von TUCKER [2021] gekommen. Hier wurde nachgewiesen, dass eine höhere Aufnahme (3. Terzil: 33,7 Tassen/1000 kcal/Jahr) an Bohnen in inversem Zusammenhang mit einer niedrigeren WC steht.

Tabelle 17: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag  $\pm$ SD) getrennt nach WC-Klassifizierung (n = 1.948)

	WC-Klassifizierung		
	Kein Risiko	Erhöhtes Risiko	Wesentlich erhöhtes Risiko
	für metabolische Erkrankungen		
Ballaststoffreiche Lebensmittel in g/Tag			
Kartoffeln & andere stärkehaltige Wurzelknollen	69,8 $\pm$ 90,2	70,6 $\pm$ 88,4	75,8 $\pm$ 95,9
Obst & Gemüse	352,4 $\pm$ 228,8	344,3 $\pm$ 204,1	340,7 $\pm$ 213,8
Hülsenfrüchte	14,6 $\pm$ 41,7	12,4 $\pm$ 45,2	12,1 $\pm$ 46,9
Nüsse, Samen	12,1 $\pm$ 27,4	13,2 $\pm$ 26,1	11,1 $\pm$ 29,9
Getreide, Getreideprodukte & Körner	221,7 $\pm$ 116,4	209,5 $\pm$ 100,6	192,6 $\pm$ 104,1
Vollkorn	34,4 $\pm$ 64,7	33,4 $\pm$ 63,2	26,5 $\pm$ 56,7

Bei Betrachtung der Erreichung von BS-Dichte-Empfehlung und BS-Empfehlung und der WC zeigten sich folgende Erkenntnisse.

Bei Nichterreichung der BS-Dichte-Empfehlung hatten 19,7 % ein erhöhtes und 20,1 % ein wesentlich erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen. Bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung hatten 15,8 % ein erhöhtes und 16,2 % ein wesentlich erhöhtes Risiko (Abbildung 17).

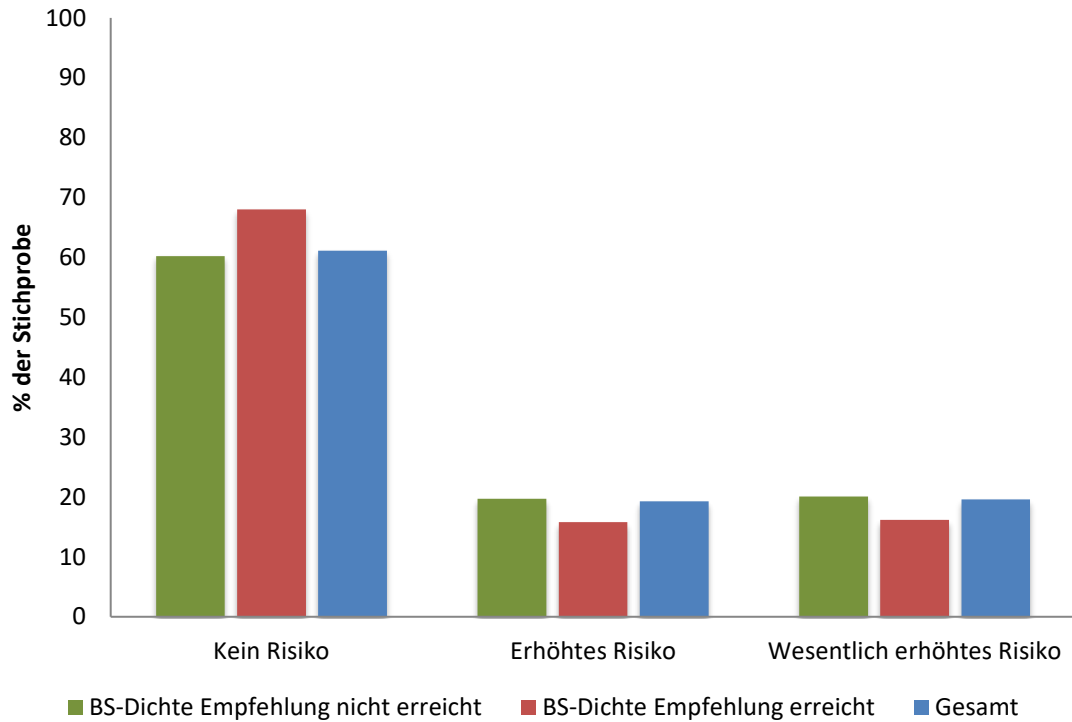


Abbildung 17: Anteile der Stichprobe mit keinem, erhöhtem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WC-Klassifizierung gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

Bei Nichterreichung der BS-Empfehlung hatten 19,5 % ein erhöhtes und 20,2 % ein wesentlich erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen. Bei Erreichung der BS-Empfehlung hatten 17,4 % ein erhöhtes und 15,4 % ein wesentlich erhöhtes Risiko (Abbildung 18).

Eine marginal signifikante Assoziation ( $= p < 0,1$  und nicht  $p < 0,5$ ) von Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung und BS-Empfehlung mit „Kein Risiko für metabolische Erkrankungen“ konnte festgestellt werden.

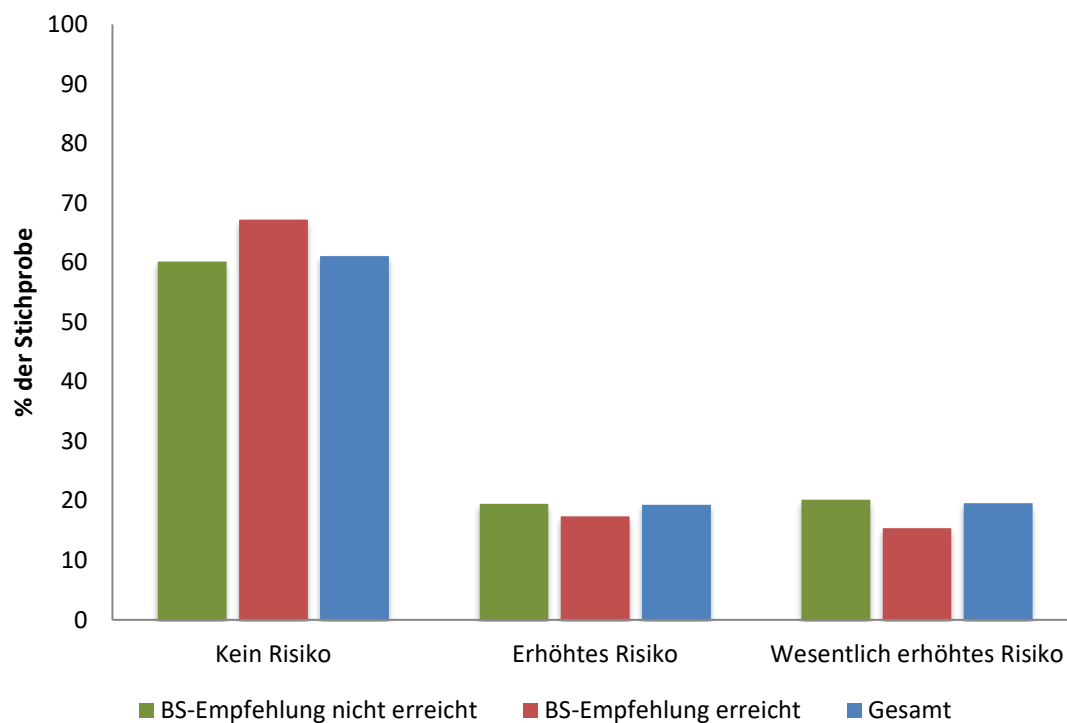


Abbildung 18: Anteile der Stichprobe mit keinem, erhöhtem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WC-Klassifizierung gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung

Die Belgian Food Consumption Survey und Airwave Health Monitoring Study (2007–2012) kamen zu demselben Ergebnis, dass es eine inverse signifikante Assoziation zwischen gesamter Ballaststoffzufuhr und der WC gibt [LIN et al., 2011; GIBSON et al., 2019]. JOVANOVSKI et al. [2020] haben bei RCT nachgewiesen, dass eine Zufuhr von 7 g viskose Ballaststoffe pro Tag den WC der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant reduziert.

#### 4.6.3 Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit der Waist-to-Hip Ratio

Bei Betrachtung der Zusammenhänge der ballaststoffreichen Lebensmittel und WHR-Klassifizierung konnten folgende Ergebnisse festgestellt werden (Tabelle 18).

Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Konsum von Obst und Gemüse, Nüssen und Samen, Vollkorn und der WHR-Klassifizierung ( $p < 0,05$ ).

Obst und Gemüse wurde von der Gruppe „Kein Risiko für metabolische Erkrankungen“ ( $356,2 \pm 225,7$  g/Tag) signifikant mehr aufgenommen verglichen mit jener mit „Wesentlich erhöhtes Risiko“ ( $330,1 \pm 209,3$  g/Tag).

Nüsse und Samen wurde von der Gruppe „Kein Risiko“ ( $13,0 \pm 27,8$  g/Tag) signifikant mehr aufgenommen als von jener mit „Wesentlich erhöhtes Risiko“ ( $10,0 \pm 27,3$  g/Tag).

LAIRON et al. [2005] konnten in ihrer Querschnittsstudie einen Zusammenhang zwischen erhöhter Aufnahme von Obst (Männer  $< 1,9$  versus  $> 6,4$  g/Tag; Frauen  $< 2,0$  versus  $> 5,5$  g/Tag) und Nüssen (Männer  $< 0,05$  versus  $> 0,56$ ; Frauen  $< 0,05$  versus  $> 0,48$  g/Tag) mit WHR feststellen.

Vollkorn wurde von der Gruppe „Kein Risiko“ ( $34,5 \pm 64,1$  g/Tag) signifikant mehr aufgenommen als von der Gruppe „Wesentlich erhöhtes Risiko“ ( $28,3 \pm 60,1$  g/Tag).

Der systematische Review von HARLAND und GARTON [2008] konnte feststellen, dass Personen mit einer Zufuhr von ca. drei Portionen Vollkornprodukte pro Tag eine signifikant niedrigere WHR haben im Vergleich zu jenen mit einer niedrigen Aufnahme.

Zwischen der Aufnahme von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Hülsenfrüchten und Getreide, Getreideprodukten und Körnern und der WHR konnte kein signifikanter Zusammenhang beobachtet werden ( $p > 0,05$ ).

In der Literatur gibt es aktuell keine Studien, die sich mit der Aufnahme dieser Lebensmittelgruppen und dem Zusammenhang mit der WHR beschäftigen haben.

Tabelle 18: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag  $\pm$ SD) nach WHR-Klassifizierung (n = 1.948)

	WHR-Klassifizierung	
	Kein Risiko	Wesentlich erhöhtes Risiko
	für metabolische Erkrankungen	
Ballaststoffreiche Lebensmittel in g/Tag		
Kartoffeln & andere stärkehaltige Wurzelknollen	69,9 $\pm$ 89,9	74,1 $\pm$ 93,6
Obst & Gemüse	356,2 $\pm$ 225,7	330,1 $\pm$ 209,3
Hülsenfrüchte	14,0 $\pm$ 40,0	13,1 $\pm$ 50,8
Nüsse, Samen	13,0 $\pm$ 27,8	10,0 $\pm$ 27,3
Getreide, Getreideprodukte & Körner	211,2 $\pm$ 111,0	219,5 $\pm$ 113,2
Vollkorn	34,5 $\pm$ 64,1	28,3 $\pm$ 60,1

Bei Betrachtung der Erreichung von BS-Dichte-Empfehlung und BS-Empfehlung und der WHR zeigten sich folgende Erkenntnisse.

Wenn die BS-Dichte-Empfehlung nicht erreicht wurde, hatten 30,4 % ein wesentlich erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen, bei Erreichung der Empfehlung ein Risiko von 23,7 % (Abbildung 19).

Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der BS-Dichte-Empfehlung mit WHR-Klassifizierung ( $p < 0,05$ ). Bei „Kein Risiko“ wurde signifikant häufiger die BS-Dichte-Empfehlung erreicht und bei „Wesentlich erhöhtes Risiko“ signifikant seltener.

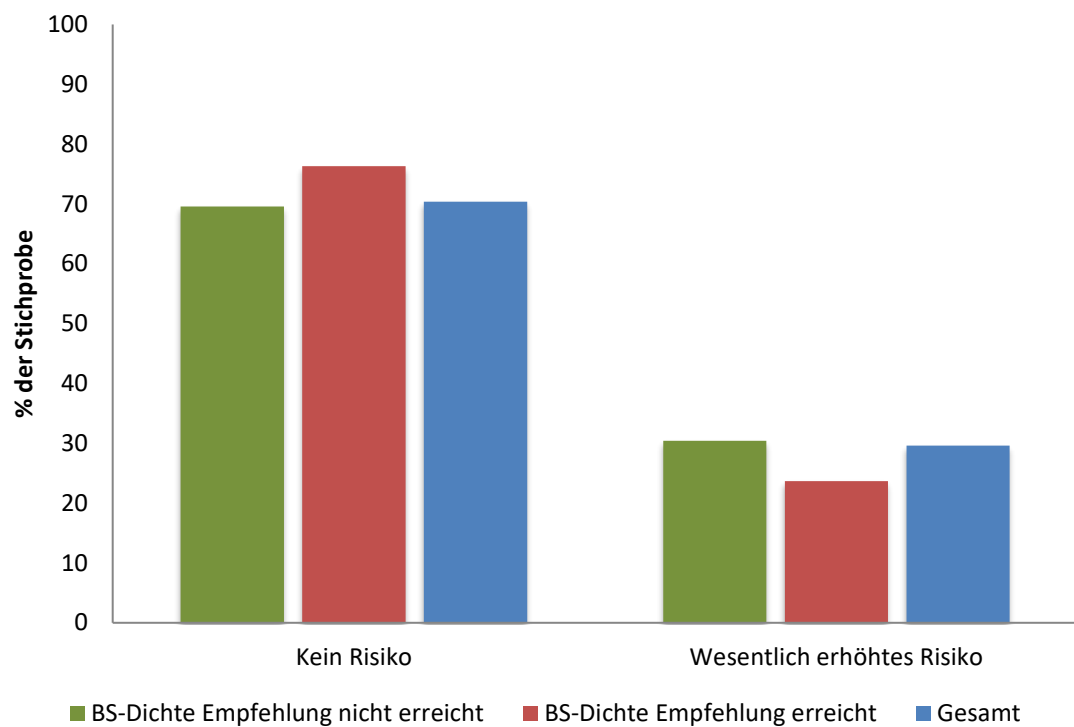


Abbildung 19: Anteile der Stichprobe mit keinem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WHR-Klassifizierung gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

Wenn die BS-Empfehlung nicht erreicht wurde, haben 30,1 % ein wesentlich erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen, bei Erreichung der Empfehlung 25,9 % (Abbildung 20).

Es konnte zwischen dem Erreichen der BS-Empfehlung und der WHR-Klassifizierung kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden.



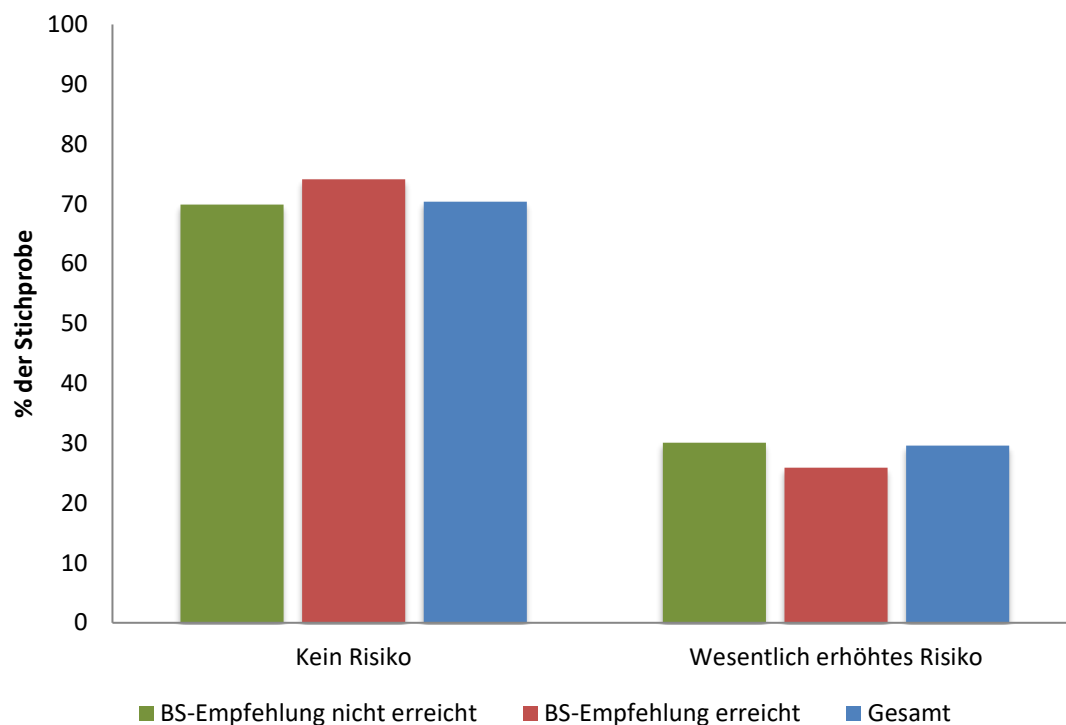


Abbildung 20: Anteile der Stichprobe mit keinem oder wesentlich erhöhtem Risiko für metabolische Erkrankungen laut WHR-Klassifizierung gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung

LAIRON et al. [2005] konnten in ihrer Querschnittsstudie einen signifikanten Zusammenhang zwischen Gesamtballaststoffen in g und WHR feststellen.

#### 4.6.4 Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel und Erreichen der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr in Zusammenhang mit dem Körperfettanteil

Es zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Konsum BS-reicher Lebensmittelgruppen und der Körperfettanteil-Kategorisierung ( $p > 0,05$ ) (Tabelle 19).

In der Literatur finden sich Studien, die das Gegenteil nachgewiesen haben.

Der systematische Review und die Metaanalyse von POL et. al [2013] zeigte eine geringe signifikante Assoziation zwischen erhöhter Aufnahme von Vollkornprodukten und niedrigem Körperfettanteil.

Die Querschnittsstudie von britischen Erwachsenen der Airwave Health Monitoring Study (2007–2012) konnte einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Aufnahme von

Ballaststoffen aus Obst und Vollkornprodukten mit prozentuellem Körperfettanteil beobachten [GIBSON et al., 2019].

Die Querschnittsstudie von TUCKER [2020] ist zu dem Ergebnis gekommen, dass eine höhere Aufnahme an Bohnen (3. Terzil: 33,7 Tassen/1000 kcal/Jahr) in inversem Zusammenhang mit einem niedrigeren Körperfettanteil in % steht.

Ein systematischer Review und Metaanalyse hat nachgewiesen, dass bei RCT eine höhere Aufnahme an Nüssen ( $\geq 45,5$  g/Tag) mit einer Reduktion des Körperfettanteils in Zusammenhang steht [NISHI et al., 2021].

Tabelle 19: Aufnahmemenge ballaststoffreicher Lebensmittel (in g/Tag  $\pm$ SD) getrennt nach Körperfettanteil- Kategorisierung (n = 831)

	Körperfettanteil			
	Niedrig	Mittel	Hoch	Adipositas
Ballaststoffreiche Lebensmittel in g/Tag				
Kartoffeln & andere stärkehaltige Wurzelknollen	83,5 $\pm$ 112,1	60,5 $\pm$ 85,1	80,2 $\pm$ 108,8	75,4 $\pm$ 102,3
Obst & Gemüse	378,9 $\pm$ 231,5	394,1 $\pm$ 237,3	346,6 $\pm$ 224,6	344,1 $\pm$ 198,0
Hülsenfrüchte	18,3 $\pm$ 45,3	14,7 $\pm$ 42,4	13,9 $\pm$ 46,0	9,4 $\pm$ 45,6
Nüsse, Samen	11,9 $\pm$ 20,8	14,1 $\pm$ 26,3	12,5 $\pm$ 31,1	11,5 $\pm$ 28,4
Getreide, Getreideprodukte & Körner	234,2 $\pm$ 127,2	228,7 $\pm$ 125,3	241,8 $\pm$ 119,9	221,7 $\pm$ 126,3
Vollkorn	44,5 $\pm$ 79,0	33,0 $\pm$ 64,1	31,1 $\pm$ 69,0	30,2 $\pm$ 70,9

Bei Betrachtung der Erreichung von BS-Dichte-Empfehlung und BS-Empfehlung und dem Körperfettanteil zeigten sich folgende Erkenntnisse.

Wenn die BS-Dichte-Empfehlung nicht erreicht wurde, fallen 35,2 % in die Kategorie „Hoher Körperfettanteil“, bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung 35,6 %.

In die Kategorie „Adipositas“ fielen 20,3 % bei Nichterreichung der Empfehlung und 14,9 % bei Erreichung (Abbildung 21).

Zwischen dem Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung und der Körperfett-Kategorisierung konnte kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden.

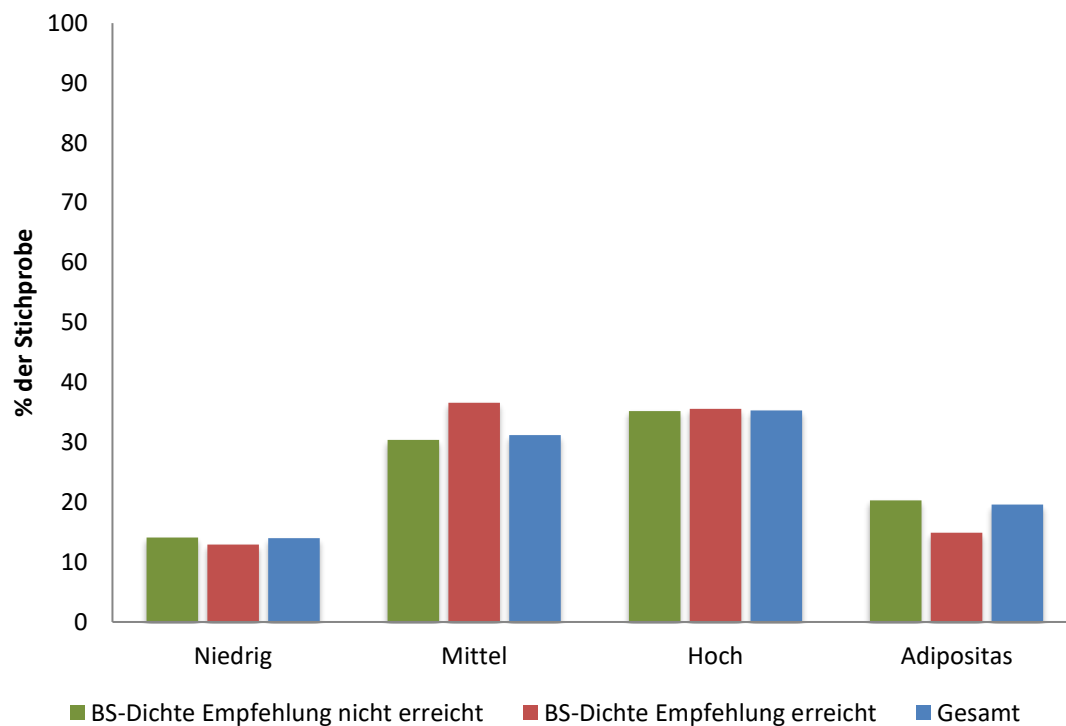


Abbildung 21: Anteile der Stichprobe in den verschiedenen Bereichen des Körperfettanteils gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung

Wenn die BS-Empfehlung nicht erreicht wurde, fallen 35,7 % in die Kategorie „Hoher Körperfettanteil“ und bei Erreichung der BS-Empfehlung 32,8 %.

In die Kategorie „Adipositas“ fielen 20,6 % bei Nichterreichung der Empfehlung und 13,6 % bei Erreichung (Abbildung 22).

Ebenso konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Erreichen der BS-Empfehlung mit Körperfettanteil-Kategorisierung festgestellt werden.

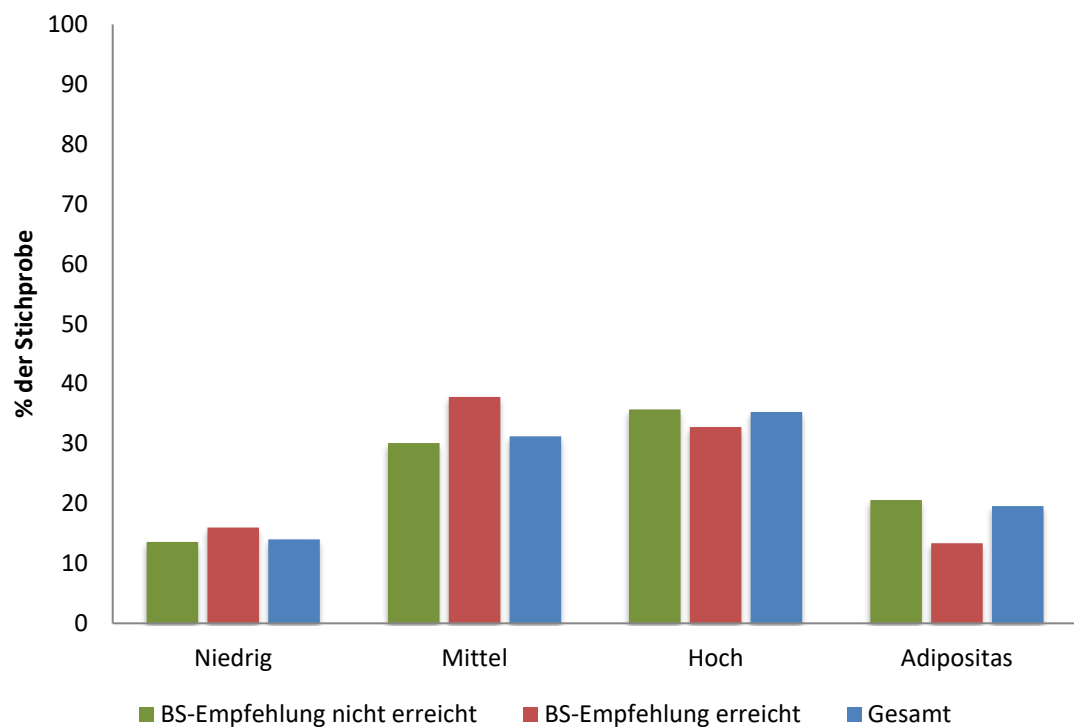


Abbildung 22: Anteile der Stichprobe in den verschiedenen Bereichen des Körperfettanteils gesamt und getrennt nach Erreichen der BS-Empfehlung

GIBSON et al. [2019] konnten einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen Gesamtballaststoffaufnahme und Körperfettanteil in % feststellen.

JOVANOVSKI et al. [2021] haben in ihrer systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse von 15 RCT nachweisen können, dass die Aufnahme von viskosen Ballaststoffsupplementen (10 g/Tag) das Körperfett, im Vergleich zur Kontrollgruppe, signifikant senken.

## 5. Schlussbetrachtung

Ziel dieser Arbeit war es, einen Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Ballaststoffen und den anthropometrischen Messgrößen – BMI, WC, WHR und Körperfettanteil – österreichischer Erwachsener festzustellen.

Insgesamt sind 34,3 % der österreichischen Bevölkerung über 15 Jahren übergewichtig, davon 16,5 % adipös [STATISTIK AUSTRIA, 2019].

Aus der Datenerhebung ging hervor, dass 87,6 % der österreichischen Erwachsenen die BS-Dichte-Empfehlung nicht erreichen. Die mittlere BS-Dichte der Frauen betrug  $2,7 \pm 1,1$  g/MJ. Die mittlere BS-Dichte der Männer betrug  $2,2 \pm 1,0$  g/MJ.

Die Betrachtung der Erreichung der BS-Empfehlung von 30g pro Tag zeigte ein ähnliches Ergebnis. 86,5 % erreichten die Empfehlung nicht. Die mittlere BS-Aufnahme der österreichischen Erwachsenen betrug  $20,7 \pm 10,1$  g/Tag.

Diese Ergebnisse zeigen, wie im Österreichischen Ernährungsbericht 2012 [ELMADFA et al., 2012], dass die empfohlene D-A-CH Referenzzufuhr von 30 g/Tag Ballaststoffe für 18 bis 64-jährige Erwachsene und die Ballaststoffdichte von 3,1 g/MJ für Frauen und 3,9 g/MJ für Männer nicht erreicht werden [D-A-CH, 2018].

In dieser Arbeit konnten inverse Zusammenhänge zwischen ballaststoffreichen Lebensmitteln – Kartoffeln und andere stärkehaltige Wurzelknollen, Hülsenfrüchte, Nüsse bzw. Samen, Vollkorngetreide, Obst und Gemüse – und anthropometrischen Messgrößen beobachtet werden.

Bei Betrachtung des BMI zeigten sich inverse signifikante Zusammenhänge ( $p < 0,05$ ) zwischen der durchschnittlichen Aufnahme von Nüssen und Samen, Vollkorn und der BMI-Klassifizierung. LAIRON et al. [2005] und LI et al. [2018] sind zu diesen Erkenntnissen beim erhöhten Konsum von Nüssen in Zusammenhang mit einem niedrigen BMI gekommen. HARLAND und GARTON [2008], VAN DE VIJVER et al. [2009], O'NEIL et al. [2010], MAKI et al. [2019] und GIBSON et al. [2019] haben diese Ergebnisse zu Vollkorn nachgewiesen.

Hingegen wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen der täglichen mittleren Aufnahmemenge von Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten und Getreide, Getreideprodukten und Körnern und der BMI-Klassifizierung festgestellt ( $p > 0,05$ ). Die Ergebnisse dieser Arbeit widersprechen den Ergebnissen von Studien zum Konsum von Obst und Gemüse [SCHWINGSHACKL et al., 2015] und Nicht-Vollkorn-Getreide, welche einen inversen Zusammenhang zwischen diesen Lebensmittelgruppen und BMI beobachten konnten [GIBSON et al., 2019].

In der vorliegenden Arbeit konnte ein inverser Zusammenhang zwischen WC und dem Konsum ballaststoffreicher Lebensmittel beobachtet werden: jene in der WC-Klassifizierung „Kein Risiko für metabolische Erkrankungen“ nehmen im Mittel signifikant mehr Getreide, Getreideprodukte und Körner auf als jene mit „Wesentlich erhöhtes Risiko“ ( $p < 0,05$ ). Dieses Ergebnis deckt sich mit jenem der EPIC-Studie [DU et al., 2010]. Die Ergebnisse dieser Arbeit widersprechen den Studienergebnissen bisheriger Studien darin, dass es keinen inversen Zusammenhang zwischen der Zufuhr von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten, Nüssen und Samen und Vollkorn und der WC gibt. Einen inversen Zusammenhang haben BERTOIA et al. [2015], SCHWINGSHACKL et al. [2015] und GIBSON et al. [2019] zwischen Obst und Gemüse Aufnahme und niedriger WC festgestellt. Auch wurden bei Hülsenfrüchten [PAPANIKOLAOU und FULGONI, 2008; TUCKER, 2020], Nüssen und Samen [LI et al. 2018; ESLAMI et al., 2019] und Vollkorn [HARLAND und GARTON, 2008; O’NEIL et al., 2010; GIBSON et al., 2019] Zusammenhänge beobachtet.

Bei Betrachtung der WHR und der Aufnahme der ballaststoffreichen Lebensmittel wurde beobachtet, dass Nüsse und Samen und Vollkorn im Mittel von der Gruppe WHR-Klassifizierung „Kein Risiko für metabolische Erkrankungen“ signifikant mehr aufgenommen werden als von jenen der Gruppe „Wesentlich erhöhtes Risiko“ ( $p < 0,05$ ). Bisherige Studien bestätigen, dass eine erhöhte Aufnahme von Nüssen und Samen [LAIRON et al., 2005] und Vollkorn [HARLAND und GARTON, 2008] mit einer niedrigeren WHR zusammenhängt.

In dieser Arbeit konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Konsum BS-reicher Lebensmittelgruppen und der Körperfettanteil-Kategorisierung ( $p > 0,05$ ) beobachtet werden. Dies widerspricht den Ergebnissen zweier Studien. Hier wurden zwischen der Aufnahme von Vollkornprodukten [POL et al., 2013; GIBSON et al., 2019] und Obst [GIBSON et al., 2019] ein inverser Zusammenhang mit niedrigem Körperfettanteil festgestellt.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass bei Betrachtung der Ergebnisse zu BS-reichen Lebensmitteln und den anthropometrischen Messgrößen keine kongruenten Ergebnisse gefunden wurden. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Energiedichte [RAYNOR et al. 2011; PEREZ-ESCAMILLA et al. 2012; KARL und ROBERTS 2014; ROUHANI et al., 2016; STELMACH-MARDAS et al., 2016], die Zusammensetzung der Makronährstoffe [FOGELHOLM et al., 2012] oder bestimmte Ernährungsmuster [NEWBY et al., 2004; FOGELHOLM et al., 2012] einen Einfluss auf die anthropometrischen Messgrößen haben und nicht allein die Aufnahmemenge BS-reicher Lebensmittel.

In dieser Arbeit konnten teilweise die vielfach publizierten inversen Zusammenhänge bei Erreichung der empfohlenen Ballaststoffzufuhr bzw. die Aufnahme über der Empfehlung auf die anthropometrischen Messgrößen bestätigt werden.

Zur Interpretation der Ballaststoffaufnahme wurde in dieser Arbeit neben der quantitativen Empfehlung der BS-Zufuhr in g/Tag die BS-Dichte in g/MJ herangezogen, da diese bei geringer Energiezufuhr für die Nährstoffaufnahme aussagekräftiger ist.

Zwischen Erreichung der Empfehlungen der Ballaststoffzufuhr und dem BMI konnten in dieser Arbeit signifikante Ergebnisse bei Erreichung der BS-Empfehlung in g/Tag beobachtet werden. Wurde die BS-Empfehlung nicht erreicht, ist die Prävalenz von Übergewicht bei 25 % und von Adipositas bei 11,3 %. Wurde die BS-Zufuhrempfehlung erreicht bei 22,9 % bzw. 5,6 %. Bei Normalgewichtigen wurde signifikant häufiger die BS-Empfehlung erreicht und bei Adipösen signifikant seltener ( $p < 0,05$ ). Studien bestätigen die Ergebnisse dieser Arbeit, dass eine erhöhte Zufuhr an Gesamtballaststoffen mit einem niedrigen BMI in Zusammenhang steht [LAIRON et al., 2005; DU et al., 2010;

GIBSON et al., 2019]. Bei RCT zeigte sich, dass die Aufnahme von viskosen Ballaststoffen in inversem Zusammenhang mit einem niedrigen BMI steht [JOVANOVSKI et al., 2020].

Bei Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Erreichung von BS-Dichte- und BS-Empfehlung und niedrigem WC, entsprechen die aktuellen Resultate den Ergebnissen aus den Studien von LIN et al. [2011], GIBSON et al. [2019] und JOVANOVSKI et al. [2020]. Bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung haben 15,8 % ein erhöhtes und 16,2 % ein wesentlich erhöhtes Risiko und bei Erreichung der BS-Empfehlung haben 17,4 % ein erhöhtes und 15,4 % ein wesentlich erhöhtes Risiko. Es gibt hier einen marginal signifikanten Zusammenhang der WC-Klassifizierung, wenn sowohl die BS-Dichte-Empfehlung als auch die BS-Empfehlung erreicht wird ( $p < 0,1$  und nicht  $p < 0,5$ ).

Wenn die BS-Dichte-Empfehlung erreicht wurde, hatten 23,7 % der ProbandInnen ein wesentlich erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen nach WHR-Klassifizierung. Dieser Zusammenhang ist signifikant ( $p < 0,05$ ). LAIRON et al. [2005] konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Zufuhr an Gesamtballaststoffen in g und WHR feststellen.

Bei Betrachtung der anthropometrischen Messgröße Körperfett in % konnten sowohl bei Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung sowie der BS-Empfehlung kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden ( $p > 0,05$ ). In der Literatur finden sich jedoch Studien, welche einen inversen Zusammenhang nachgewiesen haben [GIBSON et al., JOVANOVSKI et al., 2021].

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in dieser Arbeit bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung signifikante Zusammenhänge mit den anthropometrischen Messgrößen WC und WHR jedoch nicht mit BMI und Körperfettanteil in % beobachtet wurden. Bei Erreichung BS-Empfehlung wurden signifikante Zusammenhänge mit BMI und WC, jedoch nicht mit WHR und Körperfettanteil in % festgestellt.

Die unterschiedlichen Ergebnisse zum Zusammenhang könnten darauf zurückzuführen sein, dass bei BS-Dichte die Ballaststoffaufnahme im Verhältnis zur Gesamtenergieaufnahme bewertet wird. Die Berechnung mit BS-Dichte ermöglicht somit eine exaktere Betrachtung eines inversen Zusammenhangs von



Ballaststoffaufnahme und anthropometrischer Messgrößen. Erkennbar ist, dass bei Erreichung der BS-Empfehlung die Energieaufnahme signifikant höher ist ( $p < 0,05$ ). Eine höhere absolute Energiezufuhr zeigt auch eine höhere Aufnahme von Lebensmittelgruppen und Makronährstoffen [RHEE et al., 2013] und ist eine mögliche Erklärung für die abweichenden Zusammenhänge zwischen BS-Empfehlung und BS-Dichte-Empfehlung.

Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Gesamtballaststoffaufnahme mit den anthropometrischen Messgrößen gleich starke Zusammenhänge zeigt und somit keine Aussage getroffen werden kann mit welcher anthropometrischen Messgröße der stärkste Zusammenhang besteht.

Der Großteil der Studien beschäftigt sich mit dem BMI und der WC. Da der BMI allein keine exakten Aussagen zur Fettverteilung sowie zum metabolischen Risiko ermöglicht, werden zusätzliche Messverfahren wie WC angewendet. Die WC korreliert eng mit dem BMI [LEAN et al., 1995] und laut NHLBI [2000] lässt sich in der kombinierten Anwendung von BMI und WC für Übergewicht und Adipositas das Krankheitsrisiko ermitteln.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten auf eine ungünstig niedrige Ballaststoffzufuhr in der österreichischen erwachsenen Bevölkerung hin. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine Querschnittstudie keine Rückschlüsse auf die Kausalität der Assoziationen ermöglicht. Aufgrund der freiwilligen Teilnahme an der Studie ist ein Selektionsbias zu berücksichtigen.

Eine Erhöhung der täglichen Konsummenge an Gemüse, Obst, Hülsenfrüchten, Nüssen und Samen könnte einen wichtigen Beitrag zu einer höheren Ballaststoffaufnahme leisten. In Anbetracht der Tatsache, dass Ballaststoffe das Risiko von ernährungsmitbedingten Krankheiten wie Hypertonie, Hyperlipidämie, koronaren Herzerkrankungen, Diabetes mellitus Typ 2 und Dickdarmkrebs senken, ist die Erhöhung der Ballaststoffaufnahme in der Ernährung maßgebend.

Für die ernährungswissenschaftliche Zukunft ist es bedeutsam, dass in der Gesundheitsförderung an Kommunikationsmaßnahmen gearbeitet wird, welche das Ziel verfolgen die Ballaststoffaufnahme in der österreichischen Bevölkerung zu erhöhen. Ein

möglicher Vorschlag wäre – gemäß den allgemeinen Ernährungsempfehlungen – den Konsum der Lebensmittelgruppen Hülsenfrüchte, Vollkornprodukte sowie Obst und Gemüse mittels klarer Botschaften zu ihrem gesundheitlichen Nutzen zu steigern.

## 6. Zusammenfassung

Diese Masterarbeit wurde im Rahmen des Österreichischen Ernährungsberichts 2017 verfasst. Ziel der Arbeit war es den Zusammenhang zwischen der Ballaststoffaufnahme und anthropometrischen Messgrößen österreichischer Erwachsener zu untersuchen.

Die Daten für die Masterarbeit wurden anhand von zwei 24-Recalls (erhoben mittels GloboDiet), eines Onlinefragebogens sowie anthropometrischer Messungen (Körpergröße, Körpergewicht, Waist Circumference, Waist-Hip-Ratio, Körperfett) erhoben.

Daten von 1.977 ProbandInnen (753 Männer und 1.224 Frauen) im Alter von 18 und 65 Jahren wurden erfasst und ausgewertet.

Die mittlere BS-Dichte der Frauen betrug  $2,7 \pm 1,1$  g/MJ, jene der Männer  $2,2 \pm 1,0$  g/MJ. Die mittlere BS-Aufnahme in Gramm betrug  $20,7 \pm 10,1$  g/Tag.

Es zeigte sich ein inverser signifikanter Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Aufnahme von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Nüssen und Samen, Vollkorn und dem BMI ( $p < 0,05$ ). Keine signifikanten Unterschiede wurden zwischen der mittleren Aufnahme von Obst und Gemüse, Hülsenfrüchte und Getreide, Getreideprodukten und Körnern und dem BMI ( $p > 0,05$ ) festgestellt.

Kein signifikanter Zusammenhang zeigte sich bei Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung und dem BMI ( $p > 0,05$ ), aber bei Erreichung der BS-Empfehlung mit dem BMI ( $p < 0,05$ ).

Zwischen der mittleren täglichen Aufnahme von Getreide, Getreideprodukten und Körnern und der WC gab es einen signifikanten inversen Zusammenhang ( $p < 0,05$ ). Keine Zusammenhänge wurden zwischen der mittleren Aufnahme von Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Obst und Gemüse, Hülsenfrüchten, Nüssen und Samen und Vollkorn und der WC festgestellt ( $p > 0,05$ ).

Marginal signifikante Zusammenhänge konnten zwischen der WC und der Erreichung der BS-Dichte-Empfehlung und der BS-Empfehlung festgestellt werden ( $= p < 0,1$  und nicht  $p < 0,05$ ).

Es zeigten sich inverse signifikante Zusammenhänge zwischen der Aufnahme von Obst und Gemüse, Nüssen und Samen und Vollkorn im Mittel und der WHR ( $p < 0,05$ ). Keine

signifikanten Zusammenhänge gab es bei Kartoffeln und anderen stärkehaltigen Wurzelknollen, Hülsenfrüchten und Getreide, Getreideprodukten und Körnern ( $p > 0,05$ ).

Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Erreichen der BS-Dichte-Empfehlung und der WHR festgestellt werden ( $p < 0,05$ ). Keine Signifikanzen zeigten sich bei Erreichung der BS-Empfehlung ( $p > 0,05$ ).

Keine signifikanten Zusammenhänge konnten zwischen dem Konsum BS-reicher Lebensmittelgruppen und der Körperfettanteil-Kategorisierung beobachtet werden ( $p > 0,05$ ).

Zwischen BS-Dichte-Empfehlung sowie BS-Empfehlung und Körperfett-Kategorisierung konnte kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden ( $p > 0,05$ ).

Im Hinblick auf diese Ergebnisse kann geschlussfolgert werden, dass die Erreichung der BS-Empfehlung und der BS-Dichte-Empfehlung teilweise in inversem Zusammenhang mit dem BMI, der WC, der WHR und dem Körperfettanteil stehen. Es ist zu berücksichtigen, dass zudem die Energiedichte, die Verteilung der Makronährstoffe oder bestimmte Ernährungsmuster auf die anthropometrischen Messgrößen einen Einfluss haben.

## 7. Summary

This master thesis was written in the scope of the “Austrian Nutrition Survey 2017“. The aim of the thesis was to determine the association between dietary fiber intake and anthropometric measurements of Austrian adults.

Data were collected using two 24h-recalls (GloboDiet), an online questionnaire incl. FFQ as well as anthropometric measurements.

Data from 1,977 Austrian adults (753 men and 1,224 women) aged between 18 and 65 years were collected and analyzed.

The mean dietary fiber density of women was  $2.7 \pm 1.1$  g/MJ. The mean dietary fiber density of men was  $2.2 \pm 1.0$  g/MJ.

The mean dietary fiber intake was  $20.7 \pm 10.1$  g/day.

There was a significant association between the average intake of potatoes and other starchy tubers, nuts and seeds, whole grain and BMI ( $p < 0.05$ ). No significant correlations were found for fruit and vegetables, pulses and cereals, cereal products and grains ( $p > 0.05$ ).

No significant correlation was found between the achievement of the dietary fiber density recommendation and BMI ( $p > 0.05$ ), but with the dietary fiber recommendation ( $p < 0.05$ ).

There was a significant inverse association between the mean daily intake of cereals, cereal products and grains and WC ( $p < 0.05$ ). No association was found between the mean intake of potatoes and other starchy tubers, fruit and vegetables, pulses, nuts and seeds and whole grains and WC ( $p > 0.05$ ).

Marginal significant correlations were found between WC and the achievement of dietary fiber density recommendation and dietary fiber recommendation ( $= p < 0.1$  and not  $p < 0.5$ ).

Inverse significant associations were found between the intake of fruit and vegetables, nuts and seeds and whole grains and the WHR ( $p < 0.05$ ). No significant correlations were found for potatoes and other starchy tubers, pulses and cereals, cereal products and grains ( $p > 0.05$ ).

A significant correlation between the achievement of the dietary fiber density recommendation and the WHR was found ( $p < 0.05$ ). No significance was found with the dietary fiber recommendation ( $p > 0.05$ ).

No significant differences were found between consumption of dietary fiber rich food groups and the body fat percentage-categorization ( $p > 0.05$ ).

No significant correlation could be found between the of dietary fiber density recommendation and dietary fiber recommendation with body fat-categorization ( $p > 0.05$ ).

Regarding these results, it can be assumed that achieving the dietary fiber recommendation and dietary fiber density recommendation are partially associated with BMI, WC, WHR and body fat. It must be considered that in addition, energy density, distribution of macronutrients or certain dietary patterns make an impact on anthropometric measurements.

## 8. Literaturverzeichnis

- ANDERSON JW. Whole-grains intake and risk for coronary heart disease. In: MARQUART L, SLAVIN JL, FULCHER G. eds. Whole grain foods in health and disease. St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, 2005.
- ANDERSON JW, BAIRD P, DAVIS RH, FERRERI S, KNUDTSON M, KORAYM A, WATERS V, WILLIAMS CL. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev* 2009; 67 (4): 188–205.
- AUNE D, CHAN DS, LAU R, VIEIRA R, GREENWOOD DC, KAMPMAN E, NORAT T. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMJ* 2011; 343: d6617.
- BECHTHOLD A. Food energy density and body weight. A scientific statement from the DGE. *Ernährungs Umschau* 2014; 61 (1): 2–11.
- BECERRA-TOMAS N, DIAZ-LOPEZ A, ROSIQUE-ESTEBAN N, ROS E, BUIL-COSIALES P, CORELLA D, ESTRUCH R, FITO M, SERRA-MAJEM L, AROS F, LAMUELA-RAVENTÓS RM, FIOL M, SANTOS-LOZANO JM, DÍEZ-ESPINO J, PORTOLES O, SALAS-SALVADÓ J. Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: a prospective assessment from the PREDIMED study. *Clin Nutr* 2018; 37 (3): 906–913.
- BEN Q, SUN Y, CHAI R, QIAN A, XU B, YUAN Y. Dietary fiber intake reduces risk for colorectal adenoma: a meta-analysis. *Gastroenterology* 2014; 146 (3): 689–699.
- BERTOIA ML, MUKAMAL KJ, CAHILL LE, HOU T, LUDWIG DS, MOZAFFARIAN D, WILLETT WC, HU FB, RIMM EB. Changes in Intake of Fruits and Vegetables and Weight Change in United States Men and Women Followed for Up to 24 Years: Analysis from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS Med* 2015; 12 (9): e1001878.
- BIESALSKI HK, GRIMM P. Taschenatlas Ernährung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2011.

BINGHAM SA, DAY NE, LUBEN R, FERRARI P, SLIMANI N, NORAT T, CLAVEL-CHAPELON F, KESSE E, NIETERS A, BOEING H, TJØNNELAND A, OVERVAD K et al. PEREIRA (EPIC): an observational study. *Lancet*. 2003; 361 (9368): 1496–1501.

BIRD AR, CONLON MA, CHRISTOPHERSEN CT, TOPPING DL. Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Benef Microbes* 2010; 1 (4): 423–431.

BORCH D, JUUL-HINDSGAUL N, VELLER M, ASTRUP A, JASKOŁOWSKI J, RABEN A. Potatoes and risk of obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease in apparently healthy adults: a systematic review of clinical intervention and observational studies. *Am J Clin Nutr* 2016; 104: 489–498.

BROWN L, ROSNER B, WILLETT WW, SACKS FM. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 1999; 69 (1): 30–42.

BROWNLIE IA. The physiological roles of dietary fiber. *Food Hydrocoll* 2011; 25: 238–250.

BURKITT DP, TROWELL HC. Refined carbohydrate foods and disease. Academic Press, London, 1975.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION (CAC). Report of the 30th session of the Codex Committee on nutrition and foods for special dietary uses. ALINORM 9/32/26 November 2008, Rome, Italy.

CUMMINGS JH, ANTOINE JM, AZPIROZ F, BOURDET-SICARD R, BRANDTZAEG P, CALDER PC, GIBSON GR, GUARNER F, ISOLAURI E, PANNEMANS D, SHORTT C, TUIJTELAARS S, WATZL B. PASSCLAIM – gut health and immunity. *Eur J Nutr* 2004; 43 (2): II118–II173.

DAHL WJ, STEWART ML. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health Implications of Dietary Fiber. *J Acad Nutr Diet* 2015; 115 (11): 1861 – 1870.



DATA-INPUT GMBH (2005). Das B.I.A.-Kompendium. 3. Ausgabe. Data Input GmbH, Darmstadt.

DE GRAAF C, BLOM WA, SMEETS PA, STAFLEU A, HENDRIKS HF. Biomarkers of satiation and satiety. *Am J Clin Nutr* 2004; 79: 946–961.

DEHGHAN M, MERCHANT AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J* 2008; 7: 26. doi: 10.1186/1475-2891-7-26

DEL GOBBO LC, FALK MC, FELDMAN R, LEWIS K, MOZAFFARIAN D. Effects of tree nuts on blood lipids, apolipoproteins, and blood pressure: systematic review, meta-analysis, and dose-response of 61 controlled intervention trials. *Am J Clin Nutr* 2015; 102: 1347–1356.

DE MUNTER JS, HU FB, SPIEGELMAN D, FRANZ M, VAN DAM RM. Whole grain, bran, and germ intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review. *PLoS Med* 2007; 4 (8): e261.

DESHMUKH-TASKAR PR, RADCLIFFE JD, LIU Y, NICKLAS TA. Do breakfast skipping and breakfast type affect energy intake, nutrient intake, nutrient adequacy, and diet quality in young adults? NHANES 1999-2002. *J Am Coll Nutr* 2010; 29(4): 407–418.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG, ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSFORSCHUNG, SCHWEIZERISCHE VEREINIGUNG FÜR ERNÄHRUNG (D-A-CH). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau-Buchverlag, Neustadt an der Weinstraße, 2018.

DREWNOWSKI A. Concept of a nutritious food: toward a nutrient density score. *Am J Clin Nutr* 2005; 82 (4): 721–732.

DU H, VAN DER A DL, BOSHUIZEN HC, FOROUHI NG, WAREHAM NJ, HALKJAER J, TJØNNELAND A, OVERVAD K, JAKOBSEN MU, BOEING H, BUIJSSE B, MASALA G et al. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr* 2010; 91 (2): 329–336.

ELMADFA I. Ernährungslehre. UTB GmbH, Stuttgart, 2004.

ELMADFA I, MEYER A, NOWAK V, et al. European Nutrition and Health Report 2009. Forum Nutr 2009; 62: 1–405. doi:10.1159/000242367

ELMADFA I et al. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. 1. Auflage, Wien, 2012. Internet: [https://ernaehrungsbericht.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/dep\\_ernaehrung/forschung/ernaehrungsberichte/oesterr\\_ernaehrungsbericht\\_2012.pdf](https://ernaehrungsbericht.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/dep_ernaehrung/forschung/ernaehrungsberichte/oesterr_ernaehrungsbericht_2012.pdf) (Zugriff: 22.02.2022)

ESLAMI O, SHIDFAR F, DEHNAD A. Inverse association of long-term nut consumption with weight gain and risk of overweight/obesity: a systematic review. Nutr Res 2019; 68: 1–8.

VERORDNUNG (EU) Nr. 1169/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2011 betreffend die Information der Verbraucher über Lebensmittel und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1924/2006 und (EG) Nr. 1925/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Richtlinie 87/250/EWG der Kommission, der Richtlinie 90/496/EWG des Rates, der Richtlinie 1999/10/EG der Kommission, der Richtlinie 2000/13/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2002/67/EG und 2008/5/EG der Kommission und der Verordnung (EG) Nr. 608/2004 der Kommission. Internet: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX:32011R1169> (Zugriff: 22.02.2022)

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. Internet: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1462> (Zugriff: 20.02.2022)

EVANS CE, GREENWOOD DC, THREAPLETON DE, CLEGHORN CL, NYKJAER C, WOODHEAD CE, GALE CP, BURLEY VJ. Effects of dietary fibre type on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of healthy individuals. J Hypertens 2015; 33 (5): 897–911.

FOGELHOLM M, ANDERSSSEN S, GUNNARSDOTTIR I., LAHTI-KOSKI M. Dietary macronutrients and food consumption as determinants of long-term weight change in adult populations: a systematic literature review. *Food Nutr Res* 2012; 56. doi: 10.3402/fnr.v56i0.19103

FRANKENFIELD DC, ROWE WA, COONEY RN, SMITH JS, BECKER D. Limits of Body Mass Index to Detect Obesity and Predict Body Composition. *Nutrition*, 2001; 17: 26–30.

FUGH-BERMAN A. Herb-drug interactions. *Lancet* 2000; 355 (9198): 134–138.

GAßMANN B. Dietary reference Intakes (DRI), Report 6. Übersicht, Kommentar und Vergleich mit den D-A-C-H-Referenzwerten für die Nährstoffzufuhr. Teil 1: Nahrungsenergie, Kohlenhydrate und Faserstoffe. *Ernähr-Umschau* 2003; 50: 96–102.

GIBSON GR, ROBERFROID MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125: 1401–1412.

GIBSON R, ERIKSEN R, CHAMBERS E, GAO H, ARESU M, HEARD A, CHAN Q, ELLIOTT P, FROST G. Intakes and Food Sources of Dietary Fibre and Their Associations With Measures of Body Composition and Inflammation in UK Adults: Cross-Sectional Analysis of the Airwave Health Monitoring Study. *Nutr* 2019; 11 (8): 1839. doi: 10.3390/nu11081839

GLEICHAUF CN, ROE DA. The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *Am J Clin Nutr* 1989; 50 (5): 903–907.

GOLDBERG GR, BLACK AE, JEBB SA, COLE TJ, MURGATROYD PR, COWARD WA, PRENTICE AM. Critical evaluation of energy intake data using fundamental principles of energy physiology: 1. Derivation of cut-off limits to identify under-recording. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45 (12): 569–581.

GUESS ND, DORNHORST A, OLIVER N, BELL JD, THOMAS EL, FROST GS. A randomized controlled trial: the effect of inulin on weight management and ectopic fat in subjects with prediabetes. *Nutr Metab (Lond)* 2015; 12: 36. doi: 10.1186/s12986-015-0033-2

GUGLIELMI FW, MASTRONUZZI T, PIETRINI L, PANARESE A, PANELLA C, FRANCAVILLA A. The RXc graph in evaluating and monitoring fluid balance in patients with liver cirrhosis. *Ann N Y Acad Sci* 1999; 873: 105–111.

GUNNESS P, GIDLEY MJ. Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides. *Food Funct* 2010; 1 (2): 149–155.

HAMEDANI A, AKHAVAN T, ABOU SAMRA R, ANDERSON HG. Reduced energy intake at breakfast is not compensated for at lunch if a high-insoluble-fiber cereal replaces a low-fiber cereal. *Am J Clin Nutr* 2009; 89 (5): 1343–1349.

HAN TS, SEIDELL JC, CURRALL JE, MORRISON CE, DEURENBERG P, LEAN ME. The influences of height and age on waist circumferences as an index of adiposity in adults. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1997; 21 (1): 83–89.

HARLAND JI, GARTON LE. Whole-grain intake as a marker of healthy body weight and adiposity. *Public Health Nutr* 2008; 11 (6): 554–563.

HAUNER H, BECHTHOLD A, BOEING H, BRÖNSTRUP A, BUYKEN A, LESCHIK-BONNET E, LINSEISEN J, SCHULZE M, STROHM D, WOLFRAM G. Evidence-based guideline of the German Nutrition Society: carbohydrate intake and prevention of nutrition-related diseases. *Ann Nutr Metab* 2012; 60 Suppl 1: 1–58.

HERVIK AK, SVIHUS B. The Role of Fiber in Energy Balance. *J Nutr Metab* 2019; Volume 2019: 1–11. doi: 10.1155/2019/4983657

HOLLÆNDER PL, ROSS AB, KRISTENSEN M. Whole-grain and blood lipid changes in apparently healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Am J Clin Nutr* 2015;102 (3): 556–572.

HOWARTH NC, SALTZMAN E, ROBERTS SB. Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev* 2001; 59 (5) :129–139.

INSTITUTE OF MEDICINE, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (IOM). Dietary reference intakes: proposed definition of dietary fiber. Washington, DC: National Academy Press; 2001.

INSTITUTE OF MEDICINE, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (IOM). Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Fatty acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Washington, DC: National Academy Press; 2005.

INTERACT CONSORTIUM. Dietary fibre and incidence of type 2 diabetes in eight european countries: The EPIC-InteraAct study and a meta-analysis of prospective studies. *Diabetologia* 2015; 58: 1394–1408.

ISAKSSON G, LUNDQUIST I, IHSE I. Effect of dietary fiber on pancreatic enzyme activity in vitro – the importance of viscosity, pH, ionic-strength, adsorption, and time of incubation. *Gastroent* 1982; 82: 918–924.

JOVANOVSKI E, MAZHAR N, KOMISHON A, KHAYYAT R, LI D, BLANCO MEJIA S, KHAN T, JENKINS AL, SMIRCIC-DUVNJAK L, SIEVENPIPER JL, VUKSAN V. Can dietary viscous fiber affect body weight independently of an energy-restrictive diet? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Nutr* 2020; 111 (2): 471–485.

JOVANOVSKI E, MAZHAR N, KOMISHON A, KHAYYAT R, LI D, BLANCO MEJIA S, KHAN T, JENKINS AL, SMIRCIC-DUVNJAK L, SIEVENPIPER JL, VUKSAN V. Effect of viscous fiber supplementation on obesity indicators in individuals consuming calorie-restricted diets: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Nutr* 2021; 60: 101–112.

KARL JP, ROBERTS SB. Energy density, energy intake, and body weight regulation in adults. *Adv Nutr* 2014; 5 (6): 835–850.

KASPER H. Ernährungsmedizin und Diätetik. Urban & Fischer, München/Jena, 2014.

KELLY SAM, SUMMERBELL CD, BRYNES A, WHITTAKER V, FROST G. Wholegrain cereals for coronary heart disease. *Cochrane Database of Syst Rev* 2007; (2): CD005051.

KERVER JM, YANG EJ, OBAYASHI S, BIANCHI L, SONG WO. Meal and snack patterns are associated with dietary intake of energy and nutrients in US adults. *J Am Diet Assoc* 2006; 106(1): 46–53.

KIM Y, KEOGH J, CLIFTON PM. Nuts and Cardio-Metabolic Disease: A Review of Meta-Analyses. *Nutr* 2018; 10 (12): 1935. doi: 10.3390/nu10121935

KIM SJ, DE SOUZA RJ, CHOO VL, HA V, COZMA AI, CHIAVAROLI L, MIRRAHIMI A, BLANCO MEJIA S, DI BUONO M, BERNSTEIN AM, LEITER LA, KRIS-ETHERTON PM, VUKSAN V, BEYENE J, KENDALL CWC, JENKINS DJA, SIEVENPIPER JL. Effects of dietary pulse consumption on body weight: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2016; 103 (5): 1213–1223.

KRAL TVE, ROLLS BJ. Energy density and portion size: their independent and combined effects on energy intake. *Physiol Behav* 2004; 82 (1): 131–138.

KRISTENSEN M, JENSEN MG. Dietary fibres in the regulation of appetite and food intake. Importance of viscosity. *Appetite* 2011; 56 (1): 65–70.

KUSHNER RF, SCHOELLER DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 417–424.

KUSHNER RF, GUDIVAKA R, SCHOELLER DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996; 64 (3 Suppl): 423–427.

KYLE UG, BOSAEUS I, DE LORENZO AD, DEURENBERG P, ELIA M, GÓMEZ JM, HEITMANN BL, KENT-SMITH L, MELCHIOR JC, PIRLICH M, SCHARFETTER H, SCHOLS AM, PICHARD C. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004; 23 (5): 1226–1243.

LACKEY CJ, KOLASA KM. Healthy eating: defining the nutrient quality of foods. *Nutr Today* 2004; 39 (1): 26–29.

LAIRON D, ARNAULT N, BERTRAIS S, PLANELLS R, CLERO E, HERCBERG S, BOUTRON-RUAULT MC. Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *Am J Clin Nutr* 2005; 82: 1185–1194.

LEAN ME, HAN TS, DEURENBERG P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1996; 63 (1): 4–14.

LEAN ME, HAN TS, MORRISON CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *BMJ* 1995; 311 (6998): 158–161.

LEECH RM, WORSLEY A, TIMPERIO A, MCNAUGHTON SA. Understanding meal patterns: definitions, methodology and impact on nutrient intake and diet quality. *Nutr Res Rev* 2015; 28 (1): 1–21.

LEMIEUX S, PRUD'HOMME D, BOUCHARD C, TREMBLAY A, DESPRÉS JP. Sex differences in the relation of visceral adipose tissue accumulation to total body fatness. *Am J Clin Nutr* 1993; 58 (4): 463–467.

LI H, LI X, YUAN S, JIN Y, LU J. Nut consumption and risk of metabolic syndrome and overweight/obesity: a meta-analysis of prospective cohort studies and randomized trials. *Nutr Metab* 2018; 15: 46. doi: 10.1186/s12986-018-0282-y

LIN Y, HUYBRECHTS I, VANDEVIJVERE S, BOLCA S, DE KEYZER W, DE VRIESE S, POLET A, DE NEVE M, VAN OYEN H, VAN CAMP J, DE BACKER G, DE HENAUW S. Fibre intake among the Belgian population by sex-age and sex-education groups and its association with BMI and waist circumference. *Br J Nutr* 2011; 105 (11): 1692–1703.

LOHMAN TG, HOUTKOOPER LB, GOING SB. Body fat measurement goes hi-tech: not all are created equal. *ACSMS HEALTH FIT J* 1997; 1: 30–35.

LUKASKI HC. Methods for the assesment of human composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987; 46 (4): 537–556.

LUPTON JR. Sugar and fiber intake and type of adiposity: are they related? *Am J Clin Nutr* 2009; 90: 1119–1120.

MAKI KC, PALACIOS OM, KOECHER K, SAWICKI CM, LIVINGSTON KA, BELL M, NELSON CORTES H, MCKEOWN NM. The Relationship between Whole Grain Intake and Body Weight: Results of Meta-Analyses of Observational Studies and Randomized Controlled Trials. *Nutrients* 2019; 11 (6). pii: E1245. doi: 10.3390/nu11061245

MANN J, CUMMINGS JH, ENGLYST HN, KEY T, LIU S, RICCARDI G, SUMMERBELL C, UAUY R, VAN DAM RM, VENN B, VORSTER HH, WISEMAN M. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions, *Eur J Clin Nutr* 2007; 61 (Suppl 1): 132–137.

MARLETT JA, CHEUNG TF. Database and quick methods of assessing typical dietary fiber intakes using data for 228 commonly consumed foods. *J Am Diet Ass* 1997; 97 (10): 1130–1149.

MEIER RF. Ballaststoffe In Ernährungsmedizin (Biesalski HK, Pirlich M, Bischoff SC, Weimann A; Hsg.), Thieme, Stuttgart, 2017.

MELLEN PB, WALSH TF, HERRINGTON DM. Whole grain intake and cardiovascular disease: A meta-analysis. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2008; 18 (4): 283–290.

MENTE A, DE KONING L, SHANNON HS, ANAND SS. A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease. *Arch Intern Med* 2009; 169 (7): 659–669.

MERENKOVA SP, ZININA OV, STUART M, OKUSKHANOVA EK, ANDROSOVA NV. Effects of dietary fiber on human health: a review. *Hum sport med* 2020; 20 (1): 106–113.

MIQUEL-KERGOAT S, AZAIS-BRAESCO V, BURTON-FREEMAN B, HETHERINGTON MM. Effects of chewing on appetite, food intake and gut hormones: a systematic review and metaanalysis. *Physiol. Behav* 2015; 151: 88–96.



NATIONAL HEART, LUNG, AND BLOOD INSTITUTE (NHLBI). The practical guide. Identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services, 2000.

NEWBY PK, MULLER D, HALLFRISCH J, ANDRES R, TUCKER KL. Food patterns measured by factor analysis and anthropometric changes in adults. *Am J Clin Nutr* 2004; 80 (2): 504–513.

NISHI SK, VIGILIOUK E, BLANCO MEJIA S, KENDALL CWC, BAZINET RP, HANLEY AJ, COMELLI EM, SALVADÓ JS, JENKINS DJA, SIEVENPIPER JL. Are fatty nuts a weighty concern? A systematic review and meta-analysis and dose–response meta-regression of prospective cohorts and randomized controlled trials. *Obes Rev* 2021; e13330. doi: 10.1111/obr.13330

NISHIDA C, UAUY R, KUMANYIKA S, SHETTY P. The joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. *Public Health Nutr* 2004; 7 (1A): 245–250.

NORDEN. Nordic Nutrition Recommendations. Integrating nutrition and physical activity 2012. Internet: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:704251/FULLTEXT01.pdf> (Zugriff: 20.02.2022)

NOUR M, LUTZE SA, GRECH A, ALLMAN-FARINELLI M. The Relationship between Vegetable Intake and Weight Outcomes: A Systematic Review of Cohort Studies. *Nutrients*. 2018; 10 (11). pii: E1626. doi: 10.3390/nu10111626

O'NEIL CE, ZANOVEC M, CHO SS, NICKLAS TA. Whole grain and fiber consumption are associated with lower body weight measures in US adults: National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *Nutr Res* 2010; 30 (12): 815–822.

PACE N, RATHBUN EN. Studies on body composition. III. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J Biol Chem* 1945; 158: 685–692.

PAPANIKOLAOU Y, FULGONI VL III. Bean Consumption Is Associated With Greater Nutrient Intake, Reduced Systolic Blood Pressure, Lower Body Weight, and a Smaller Waist Circumference in Adults: Results From the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *J Am Coll Nutr* 2008; 27 (5): 569-576.

PARK Y, HUNTER DJ, SPIEGELMAN D, BERGKVIST L, BERRINO F, VAN DEN BRANDT PA, BURING JE, COLDITZ GA, FREUDENHEIM JL, FUCHS CS, GIOVANNUCCI E, GOLDBOHN RA et al. Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: a pooled analysis of prospective cohort studies. *JAMA* 2005; 294 (22): 2849-2857.

PEREIRA MA, LUDWIG DS. Dietary fiber and body-weight regulation. Observations and mechanisms. *Pediatr Clin North Am* 2001; 48 (4): 969-980.

PEREZ-ESCAMILLA R, OBBAGY JE, ALTMAN JM, ESSERY EV, MCGRANE MM, WONG YP, SPAHN JM, WILLIAMS CL. Dietary energy density and body weight in adults and children: a systematic review. *J Acad Nutr Diet* 2012; 112 (5): 671-684.

PICK ME, HAWRYSH ZJ, GEE MI, TOTH E, GARG ML, HARDIN RT. Oat bran concentrate bread products improve long-term control of diabetes: a pilot study. *J Am Diet Assoc* 1996; 96 (12): 1254-1261.

POL K, CHRISTENSEN R, BARTELS EM, RABEN A, TETENS I, KRISTENSEN M. Whole grain and body weight changes in apparently healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Am J Clin Nutr* 2013; 98 (4): 872-884.

POPPITT SD, PRENTICE AM. Energy density and its role in the control of food intake: evidence from metabolic and community studies. *Appetite* 1996; 26 (2): 153-174.

RAYNOR HA, VAN WALLEGHEN EL, BACHMAN JL, LOONEY SM, PHELAN S, WING RR. Dietary energy density and successful weight loss maintenance. *Eat Behav* 2011; 12 (2): 119-125.

RHEE JJ, CHO E, WILLETT WC. Energy adjustment of nutrient intakes is preferable to adjustment using body weight and physical activity in epidemiological analyses. *Public Health Nutr* 2013; 17 (5); 1054–1060.

ROUHANI MH, HAGHIGHATDOOST F, SURKAN PJ, AZADBAKHT L. Associations Between Dietary Energy Density and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrition* 2016; 32 (10): 1037–1047.

SADEGHI O, SADEGHIAN M, RAHMANI S, MALEK V, LARIJANI B, ESMAILLZADEH A. Whole-Grain Consumption Does Not Affect Obesity Measures: An Updated Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. *Adv Nutr* 2019; 11 (2): 280–292.

SCHINDLER K, LUDVIK B. Methodische und praktische Aspekte der Bestimmung der Körperzusammensetzung. *Wien Med Wochenschr* 2004; 154/13–14: 305–312.

SCHNEEMAN BO. Dietary fiber and gastrointestinal function. *Nutr Rev* 1987; 45: 129–132.

SCHOFIELD WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39 (1): 5–41.

SCHULZE MB, SCHULZ M, HEIDEMANN C, SCHIENKIEWITZ A, HOFFMANN K, BOEING H. Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes: a prospective study and meta-analysis. *Arch Intern Med* 2007b; 167 (9): 956–965.

SCHWINGSHACKL L, HOFFMANN G, KALLE-UHLMANN T, ARREGUI M, BUIJSSE B, BOEING H. Fruit and Vegetable Consumption and Changes in Anthropometric Variables in Adult Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *PLoS One* 2015; 10 (10): e0140846.

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE ON NUTRITION (SACN). Public Health England, Carbohydrates and Health. 2015. Internet: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/445503/SACN\\_Carbohydrates\\_and\\_Health.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/445503/SACN_Carbohydrates_and_Health.pdf) (Zugriff: 20.02.2022)

SEGAL KR, BURASTERO S, CHUN A, CORONEL P, PIERSON RN JR, WANG J (1991). Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical-impedance measurement. Am J Clin Nutr 1991; 54: 26–29.

SLAVIN JL. Dietary fiber and body weight. Nutrition 2005; 21 (3): 411–418.

SLAVIN JL. Dietary Fiber In: Biochemical, Physiological, and Molecular Aspects of Human Nutrition (Stipanuk MH, Caudill MA), Saunders/Elsevier, St. Louis; 2013.

SLAVIN JL. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. J Am Diet Assoc 2008; 108 (10): 1716–1731.

SLIMANI N, VALSTA L. Perspectives of using the EPIC-SOFT programme in the context of pan-European nutritional monitoring surveys: methodological and practical implications. Eur J Clin Nutr 2002; 56 (Suppl 2): 63–S74.

SOUCI SW, FACHMANN W, KRAUT H. Die Zusammensetzung der Lebensmittel-Nährwert-Tabellen. MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart, 2008.

STATISTIK AUSTRIA. Gesundheitsbefragungen 2006/07, 2014 und 2019. - Bevölkerung in Privathaushalten im Alter von 15 und mehr Jahren. Erstellt am 14.07.2020. Internet: [https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/menschen\\_und\\_gesellschaft/gesundheit/gesundheitsdeterminanten/bmi\\_body\\_mass\\_index/index.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/gesundheit/gesundheitsdeterminanten/bmi_body_mass_index/index.html) (Zugriff: 22.02.2022)

STEPHEN AM, CHAMP MMJ, CLORAN SJ, FLEITH M, VAN LIESHOUT L, MEJBORN H, BURLEY VJ. Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. Nutr Res Rev 2017; 30: 149–190.

STELMACH-MARDAS M, RODACKI T, DOBROWOLSKA-IWANIEK J, BRZOZOWSKA A, WALKOWIAK J, WOJTANOWSKA-KROSNAK A, ZAGRODZKI P, BECHTHOLD A, MARDAS M, BOEING H. Link between Food Energy Density and Body Weight Changes in Obese Adults. *Nutrients* 2016; 8 (4): 229. doi:10.3390/nu8040229

STRAßBURG A. Ernährungserhebungen. Methoden und Instrumente. *Ernährungs Umschau* 2010; 8 (10): 422–430.

STREPPEL MT, ARENDS LR, VAN'T VEER P, GROBBEE DE, GELEIJNSE JM. Dietary fiber and blood pressure: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Arch Intern Med* 2005; 165 (2): 150–156.

STRÖHLE A, WOLTERS M, HAHN A. Gesundheitliche Effekte von Ballaststoffen. Ein Update. Teil 1: Von der Struktur zur Funktion. *Dtsch Apoth Ztg* 2012; 152 (32): 3780–3788.

TALATI R, BAKER WL, PABILONIA MS, WHITE CM, COLEMAN CI. The effects of barley-derived soluble fiber on serum lipids. *Ann Fam Med* 2009; 7 (2): 157–163.

TANG G, WANG D, LONG J, YANG F, SI L. Meta-analysis of the association between whole grain intake and coronary heart disease risk. *Am J Cardiol* 2015; 115 (5): 625–629.

THOMAS B. Definition, Zusammensetzung und Eigenschaften von Ballaststoffen. In: *Pflanzenfasern-Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung* (Rottka H.; Hsg). Thieme, Stuttgart, New York, 1980.

TOPPING DL, CLIFTON PM. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol Rev* 2001; 81 (3): 1031–1064.

TREPEL F. Dietary fibre: more than a matter of dietetics. I. Compounds, properties, physiological effects. *Wien Klin Wochenschr* 2004a; 116 (14): 465–476.

TROWELL HC. Ischaemic heart disease and dietary fiber. *Am J Clin Nutr* 1972; 25 (9): 926–932.

TUCKER LA. Bean Consumption Accounts for Differences in Body Fat and Waist Circumference: A Cross-Sectional Study of 246 Women. *J Nutr Metab* 2020; Article ID 9140907, 9 Seiten, 2020. doi.org/10.1155/2020/9140907

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA) AND U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (HHS). Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. 9th Edition. December 2020. Internet: [https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2020-12/Dietary\\_Guidelines\\_for\\_Americans\\_2020-2025.pdf](https://www.dietaryguidelines.gov/sites/default/files/2020-12/Dietary_Guidelines_for_Americans_2020-2025.pdf) (Zugriff: 21.02.2022)

VAN DE VIJVER LP, VAN DEN BOSCH LM, VAN DEN BRANDT PA, GOLDBOHN RA. Whole-grain consumption, dietary fibre intake and body mass index in the Netherlands cohort study. *Eur J Clin Nutr* 2009; 63 (1): 31–38.

VIGILIOUK E, GLENN AJ, NISHI SK, CHIAVAROLI L, SEIDER M, KHAN T, BONACCIO M, IACOVIELLO L, BLANCO MEJIA S, JENKINS D JA, KENDALL C WC, KAHLEOVÁ H, RAHELIC D, SALAS-SALVADÓ J, SIEVENPIPER JL. Associations between Dietary Pulses Alone or with Other Legumes and Cardiometabolic Disease Outcomes: An Umbrella Review and Updated Systematic Review and Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Adv Nutr* 2019; 10: 308–319.

VINCENT R, ROBERTS A, FRIER M, PERKINS AC, MACDONALD IA, SPILLER RC. Effect of bran particle size on gastric emptying and small bowel transit in humans: a scintigraphic study. *Gut* 1995; 37 (2): 216–219.

VITAGLIONE P, MENNELLA I. (2020) Dietary Fiber and Obesity. In: WELTI-CHANES J, SERNA-SALDÍVAR S, CAMPANELLA O, TEJADA-ORTIGOZA V. (eds) *Science and Technology of Fibers in Food Systems*. Food Engineering Series. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-38654-2\_8

WANDERS AJ, VAN DEN BORNE JJ, DE GRAAF C, HULSHOF T, JONATHAN MC, KRISTENSEN M, MARS M, SCHOLS HA, FESKENS EJ. Effects of dietary fibre on subjective

appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. *Obes Rev* 2011; 12 (9): 724–739.

WATZL B, LEITZMANN C: Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. 2. Auflage, Hippokrates, Stuttgart, 1999.

WEICKERT MO, PFEIFFER AF. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *J Nutr* 2008; 138 (3): 439–442.

WHELTON SP, HYRE AD, PEDERSEN B, YI Y, WHELTON PK, HE J. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *J Hypertens* 2005; 23 (3): 475–481.

WHITEHEAD A, BECK EJ, TOSH S, WOLEVER TM. Cholesterol-lowering effects of oat β-glucan: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2014; 100 (6): 1413–1421.

WIJLENS AGM, ERKNER A, ALEXANDER E, MARS M, SMEETS PAM, DE GRAAF C. Effects of oral and gastric stimulation on appetite and energy intake. *Obesity* 2012; 20 (11): 2226–2232.

WORLD CANCER RESEARCH FUND/AMERICAN INSTITUTE FOR CANCER RESEARCH (WCRF/AICR). Continuous Update Project Expert Report 2018. Wholegrains, vegetables and fruit and the risk of cancer. Internet: <https://www.wcrf.org/wp-content/uploads/2020/12/Wholegrains-veg-and-fruit.pdf> (Zugriff: 27.02.2022)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). WHO Consultation on Obesity (1999: Geneva, Switzerland) & World Health Organization. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation. Internet: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330> (Zugriff: 20.02.2022)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of a Joint WHO/FAO Consultation. Geneva 2003. Technical Report 916. Internet: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO\\_TRS\\_91](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_91)

[6.pdf;jsessionid=0C54570BD94D7EBEB12425DCB1A85736?sequence=1](#) (Zugriff: 21.02.2022)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Waist Circumference and Waist-Hip Ratio. Report of a WHO Expert Consultation. World Health Organization. 8–11 December, Geneva 2008. Internet: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491_eng.pdf) (Zugriff: 21.02.2022)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Global recommendations for physical activity on health. 2011. Internet: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/physical-activity-recommendations-18-64years.pdf> (Zugriff: 21.02.2022)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Global status report on noncommunicable diseases 2014. Geneva, 2014. Internet: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (Zugriff: 21.02.2022)

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). HEALTH SITUATION IN THE EUROPEAN REGION. 2018. Internet: [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0011/379874/who-ehr-2018-02-eng.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/379874/who-ehr-2018-02-eng.pdf) (Zugriff: 20.02.2022)

WU Y, QIAN Y, PAN Y, LI P, YANG J, YE X, XU G. Association between dietary fiber intake and risk of coronary heart disease: A meta-analysis. Clin Nutr 2015; 34 (4): 603–611.

YE EQ, CHACKO SA, CHOU EL, KUGIZAKI M, LIU S. Greater Whole-Grain Intake Is Associated With Lower Risk of Type 2 Diabetes, Cardiovascular Disease, and Weight Gain. J Nutr 2012; 142 (7): 1304–1313.

ZEBALLOS E, TODD JE. The effects of skipping a meal on daily energy intake and diet quality. Public Health Nutr 2020; 23 (18): 3346–3355.