

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Zentrum für Prävention, Ernährung und Sportmedizin am Klinikum rechts der Isar

Analyse des Ballaststoffverzehrs bei 292 Patienten mit Übergewicht und Adipositas

Annemarie Ursula Dick

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

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. V. H. Schusdziarra

2. Univ.-Prof. Dr. M. Halle

Die Dissertation wurde am 27.08.2012 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin

am 12.06.2013 angenommen.

In Gedenken an meinen Großvater Dr. Friedrich Pachmayr

INHALTSVERZEICHNIS

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN.....	III
1 EINLEITUNG	1
2 METHODIK.....	2
2.1 Studienteilnehmer und Ernährungsprotokolle.....	2
2.2 Digitalisierung der Ernährungsprotokolle.....	2
2.4 Datenerfassung	3
2.4.1 Ausgangsdatei und Sortierungen	3
2.4.2 Tabellen.....	3
3 ERGEBNISSE	4
3.1 Allgemeine Werte	4
3.2 Sortierung der Tage nach der gesamten täglichen Ballaststoffaufnahme... 8	8
3.3 Sortierung der Tage nach der täglichen löslichen Ballaststoffaufnahme .. 11	11
3.4.Sortierung der Tage nach der täglichen unlöslichen Ballaststoffaufnahme.....	14
3.5 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zum Frühstück..... 17	17
3.6 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 1	20
3.7 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zum Mittagessen 23	23
3.8 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 2	26
3.9 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zum Abendessen..... 29	29
3.10. Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 3	32
4 DISKUSSION	35
5 ZUSAMMENFASSUNG.....	44
6 LITERATURVERZEICHNIS.....	45

7 DANKSAGUNG..... 51

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

BMI	Body Mass Index
Bst	Ballaststoffe
Ball	Ballaststoffe
bzw.	beziehungsweise
EL	Esstlöffel
g	Gramm
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
l	Liter
ml	Milliliter
m ²	Quadratmeter
SEM	Standard Error of Mean
SD	Standard Deviation
TL	Teelöffel
usw.	und so weiter
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel
M	Mittagessen
F	Frühstück
Z1	Zwischenmahlzeit 1
Z2	Zwischenmahlzeit 2
Z3	Zwischenmahlzeit 3

1 EINLEITUNG

Ballaststoffe sind hauptsächlich verschiedene schwer verdauliche Kohlenhydrate, die unverdaut den Dickdarm erreichen [6]. Eine Einteilung erfolgt nach der Wasserlöslichkeit in lösliche und unlösliche Ballaststoffe.

Schon lange wird Ballaststoffen ein positiver Einfluss auf viele verschiedene Mechanismen des Körpers zugeschrieben. So sollen sie unter anderem bei der Aufrechterhaltung der Darmflora und des Stuhlvolumens helfen, sowie eine antientzündliche und antiproliferative Wirkung haben und das Risiko einer Herz-Kreislauf-Erkrankung minimieren [6, 31, 42, 43]. Lösliche und unlösliche Ballaststoffe scheinen hierbei unterschiedliche Funktionen zu haben. So werden löslichen Ballaststoffen Eigenschaften, wie zum Beispiel die Verzögerung der Magenentleerung zugeschrieben [6, 32]. Unlösliche Ballaststoffe beeinflussen unter anderem die Kontrolle des Stuhlvolumens [6].

Durch die verminderte bzw. fehlende Verdauung und Aufnahme der Ballaststoffe im Dünndarm führen sie, dank ihrer füllenden Eigenschaften zu einer Erhöhung der Verzehrsmenge, ohne eine Steigerung der Energieaufnahme zur Folge zu haben. Studien zu diesem Thema haben gezeigt, dass ballaststoffreiche Diäten und Ballaststoffsupplementierungen zu einer Reduktion des Körpergewichts führen können [5, 7, 11, 22, 35, 44, 72, 82]. Allerdings konnten andere Studien dies nicht belegen [1, 29, 33, 34, 48, 49, 81] und eine Untersuchung, die die Beziehung zwischen täglicher Ballaststoffaufnahme und Energiezufuhr und die daran beteiligten Lebensmittelgruppen analysierte, kam zu dem Schluss, dass eine gesteigerte Ballaststoffmenge nicht zwangsläufig eine reduzierte Energieaufnahme bedeutet [68].

Es ist gänzlich unklar, wie sich ein höherer Ballaststoffverzehr zu den verschiedenen Mahlzeiten des Tages auf die anderen Mahlzeiten und den gesamten Tag auswirkt. Zudem gibt es kaum Erkenntnisse über den Einfluss der unterschiedlichen Ballaststoffarten (lösliche und unlösliche) auf die Nahrungs- und Energieaufnahme. Aus diesem Grund wurden die Ernährungsgewohnheiten einer adipösen Personengruppe in Bezug auf den Ballaststoffverzehr, sowie den löslichen und unlöslichen Ballaststoffanteil, die Verzehrsmenge und die Energieaufnahme hin untersucht.

2 METHODIK

2.1 Studienteilnehmer und Ernährungsprotokolle

Es wurden insgesamt Ernährungsprotokolle von 292 übergewichtigen und adipösen Patienten auf ihren Ballaststoffverzehr hin analysiert. Alle Patienten befanden sich zur Therapie ihres Übergewichts in ambulanter Behandlung im Zentrum für Prävention, Ernährung und Sportmedizin am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München. Der Altersdurchschnitt lag bei 48 Jahren und der BMI lag bei 37 kg/m². Unter den 292 Teilnehmern befanden sich 211 Frauen und 81 Männer.

Von jedem Patienten wurden Ernährungsprotokolle über mindestens 10 Tage geführt. Die Teilnehmer dokumentierten ihre individuellen Ernährungsgewohnheiten, wobei sie sich wie gewohnt und ohne Einschränkungen ernähren sollten. Es wurde darum gebeten die Mengenangaben möglichst genau mithilfe einer Küchenwaage oder in Einheiten, wie TL, EL, l, ml, usw. anzugeben. Dann wurden die Menge, der Zeitpunkt und die Art des Lebensmittels in den Protokollen vermerkt.

2.2 Digitalisierung der Ernährungsprotokolle

Die 2920 Ernährungsprotokolle wurden mithilfe der Software Prodi 4,5, Prodi 5,5 expert und Prodi 5,7 der Autoren Dr. med. B. Kluthe und Dr. med. P.Kassel digitalisiert. Die Datenquellen für diese Software waren der Bundeslebensmittelschlüssel, herausgegeben vom Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz, die Souci-Fachmann-Kraut-Tabelle, herausgegeben von der deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie und Angaben und Analysen zu Inhaltsstoffen der jeweiligen Hersteller.

Zudem wurde eine Unterteilung der Mahlzeiten aufgrund ihrer zeitlichen Abfolge in die folgenden 6 Untergruppen durchgeführt. Frühstück (F), Zwischenmahlzeit 1 (Z1), Mittagessen (M), Zwischenmahlzeit 2 (Z2), Abendessen (A) und Zwischenmahlzeit 3 (Z3).

Errechnet wurde für den gesamten Tag, sowie für die einzelnen Mahlzeiten die Verzehrsmenge in Gramm (g), die Energieaufnahme in Kilokalorien (kcal) und die Energiedichte in Kilokalorien pro Gramm (kcal/g). Letztere wurde allerdings aus den Werten der tatsächlich verzehrten Verzehrsmenge und Energieaufnahme berechnet. Zudem wurden die gesamte, die lösliche und die unlösliche Ballaststoffaufnahme in Gramm (g) für den gesamten Tag und die einzelnen Mahlzeiten berechnet.

2.4 Datenerfassung

2.4.1 Ausgangsdatei und Sortierungen

Die von Prodi ermittelten Werte wurden in das Programm Microsoft Office EXCEL 2007 eingegeben.

Die zunächst chronologisch sortierten Tage wurden neu geordnet. So wurde jeweils der Tag mit der geringsten Ballaststoffaufnahme der neue Tag 1 (r1) und der Tag mit der höchsten Ballaststoffaufnahme der neue Tag 10 (r10).

Nach dem gleichen Prinzip wurden die Tage für die jeweiligen Einzelmahlzeiten geordnet und eine Sortierung nach den Tagen 1-10 erfolgte.

Für die Gesamtdatei und die verschiedenen Sortierungen wurde der Mittelwert (Mean), die Anzahl (n), die Standardabweichung (SD) und der "Standard Error of Mean" (SEM) berechnet. Außerdem wurden nun für die Ballaststoffaufnahme, die Verzehrsmenge, die Energieaufnahme und die Energiedichte alle Tage ab Tag 2 mit Tag 1 verglichen, sowie die benachbarten Tage untereinander (Tag 1 mit 2, Tag 2 mit 3, Tag 3 mit 4, usw.). Hierfür wurde der Student t-Test für gepaarte Stichproben verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 festgelegt. Wenn nötig, wie bei dem Vergleich aller Tage mit Tag 1, wurde eine Angleichung nach Bonferroni vorgenommen.

2.4.2 Tabellen

Die ermittelten Daten wurden zuletzt in kleinere Tabellen übertragen, um einen besseren Überblick zu bewahren. Hierbei wurden jeweils die Mittelwerte \pm SEM notiert und die statistisch signifikanten Unterschiede im Vergleich aller Tage mit Tag 1 und der benachbarten Tage markiert.

Zudem wurde die Gesamtballaststoffaufnahme, die Ballaststoffaufnahme pro 100 g Verzehrsmenge und die Ballaststoffaufnahme pro 100 kcal Energieaufnahme für den gesamten Tag, sowie die einzelnen Mahlzeiten berechnet und mit dem ungepaarten Student t-Test untereinander verglichen. Das Signifikanzniveau wurde auf 0,05 festgelegt und nach Bonferroni korrigiert. Dies wurde auch für die lösliche und unlösliche Ballaststoffaufnahme durchgeführt.

3 ERGEBNISSE

3.1 Allgemeine Werte

Betrachtet man die Mittelwerte aller 292 Patienten im Überblick, so entsprach die tägliche Verzehrsmenge rund 1088 g, mit einer Energieaufnahme von etwa 1657 kcal und einer Energiedichte von 1,58 kcal/g.

Tab.1 Verzehrsmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) des gesamten Tages und der einzelnen Mahlzeiten. (Mittelwert \pm SEM, n = 292)			
Mahlzeiten	Verzehrsmenge g	Energieaufnahme kcal	Energiedichte kcal/g
Gesamter Tag	1088,2 \pm 7,3	1656,6 \pm 12,0	1,58 \pm 0,0
Frühstück	168,7 \pm 2,5	332,0 \pm 4,6	2,29 \pm 0,0
Z1	35,9 \pm 1,5	52,7 \pm 2,5	1,88 \pm 0,1
Mittagessen	406,2 \pm 4,1	528,4 \pm 5,4	1,49 \pm 0,0
Z2	67,6 \pm 2,1	127,3 \pm 3,7	2,48 \pm 0,0
Abendessen	367,5 \pm 4,1	537,3 \pm 5,8	1,67 \pm 0,0
Z3	42,5 \pm 1,7	79,0 \pm 3,3	2,74 \pm 0,1

Mit 406 g wurde zum Mittagessen am meisten, dicht gefolgt vom Abendessen mit 368 g konsumiert. Zu den Zwischenmahlzeiten 1, 2 und 3 wurde durchschnittlich zwischen 34 g und 67 g, also deutlich weniger gegessen, was auch auf den oftmaligen Verzicht der Zwischenmahlzeiten zurückgeführt werden kann. Dementsprechend verhielt sich auch die Energieaufnahme, die diesmal zum Abendessen mit 537 kcal am größten war, dicht gefolgt vom Mittagessen mit 528 kcal. Die Zwischenmahlzeiten wiesen aufgrund ihrer geringeren Verzehrsmenge auch eine geringere Energieaufnahme von 53 kcal bis 127 kcal auf. Die Energiedichte allerdings war bei den Zwischenmahlzeiten und auch beim Frühstück wesentlich höher, als bei Mittag- und Abendessen.

Tab.2 Ballaststoffaufnahme **gesamt** (Ball ges), Ballaststoffaufnahme pro 100 g Verzehrsmenge (Ball/100 g) und Ballaststoffaufnahme pro 100 kcal Energieaufnahme (Ball/100 kcal) des gesamten Tages und der einzelnen Mahlzeiten.
(Mittelwert \pm SEM, n = 292, p < 0,05)
f = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Frühstücks,
z1 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z1
m = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Mittagessens
z2 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z2
a = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Abendessens
z3 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z3
t = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des gesamten Tages

Mahlzeiten	Ball gesamt g	Ball/100 g g/g	Ball/100 kcal g/kcal
Gesamter Tag	17,6 \pm 0,15 f,z1,m,z2,a,z3	1,6 \pm 0,01 f,z1,m,z2,a,z3	1,1 \pm 0,01 z1,z2,z3
Frühstück	3,7 \pm 0,06 z1,m,z2,a,z3,t	2,5 \pm 0,03 z1,m,z2,a,z3,t	1,1 \pm 0,02 z1,z2,z3
Z1	0,7 \pm 0,03 f,m,z2,a,t	2,1 \pm 0,06 f,m,z2,a,t	2,0 \pm 0,09 f,m,z2,a,z3,t
Mittagessen	5,6 \pm 0,08 f,z1,z2,z3,t	1,5 \pm 0,02 f,z1,z2,a,z3,t	1,2 \pm 0,02 z1,z3
Z2	1,2 \pm 0,04 f,z1,m,a,z3,t	1,9 \pm 0,04 f,z1,m,a,t	1,2 \pm 0,04 f,z1,t
Abendessen	5,7 \pm 0,08 f,z1,z2,z3,t	1,7 \pm 0,02 f,z1,m,z2,t	1,2 \pm 0,08 z1
Z3	0,7 \pm 0,04 f,m,z2,a,t	2,0 \pm 0,08 f,m,a,t	1,3 \pm 0,05 f,z1,m,t

Die Ballaststoffaufnahme des gesamten Tages lag bei 17,6 g, wobei zum Mittag und Abendessen am meisten und zu den Zwischenmahlzeiten generell weniger Ballaststoffe verzehrt wurden. Allerdings wurden zu den Zwischenmahlzeiten und auch zum Frühstück mehr Ballaststoffe pro 100 g Verzehrsmenge als zum Mittag und Abendessen gegessen. Die Ballaststoffmenge pro 100 kcal Energieaufnahme war für alle Mahlzeiten ähnlich hoch. Zwar zeigten sich statistisch einige signifikante Unterschiede, die aber unter anderem auf die hohe Protokollzahl zurückzuführen sind. Bei Unterschieden um etwa 0,2 g weist dies zudem keine praktische Relevanz auf. Nur zur Zwischenmahlzeit 1 konnte eine deutliche und relevante Erhöhung gezeigt werden.

Tab.3 Ballaststoffaufnahme löslich (Ball löslich), Ballaststoffaufnahme löslich pro 100 g Verzehrsmenge (Ball lös/100 g) und Ballaststoffaufnahme löslich pro 100 kcal Energieaufnahme (Ball lös/100 kcal) des gesamten Tages und der einzelnen Mahlzeiten. (Mittelwert \pm SEM, n = 292, p < 0,05)
f = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Frühstücks,
z1 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z1
m = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Mittagessens
z2 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z2
a = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Abendessens
z3 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z3
t = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des gesamten Tages

Mahlzeiten	Ball löslich g	Ball lös/100 g g/g	Ball lös/100 kcal g/kcal
Gesamter Tag	5,7 \pm 0,05 f,z1,m,z2,a,z3	0,5 \pm 0,00 f,z1,m,z2,a	0,4 \pm 0,00 f,z1
Frühstück	1,3 \pm 0,02 z1,m,z2,a,z3,t	0,9 \pm 0,01 z1,m,z2,a,z3,t	0,4 \pm 0,01 z1,m,z2,z3,t
Z1	0,2 \pm 0,01 f,m,z2,a,t	0,7 \pm 0,02 f,m,a,z3,t	0,6 \pm 0,03 f,m,z2,a,z3,t
Mittagessen	1,7 \pm 0,03 f,z1,z2,a,z3,t	0,5 \pm 0,01 f,z1,z2,a,z3,t	0,4 \pm 0,01 f,z1
Z2	0,4 \pm 0,01 f,z1,m,a,z3,t	0,6 \pm 0,02 f,m,z3,t	0,4 \pm 0,01 f,z1
Abendessen	1,9 \pm 0,03 f,z1,m,z2,z3,t	0,6 \pm 0,01 f,z1,m,t	0,4 \pm 0,03 z1
Z3	0,2 \pm 0,01 f,m,z2,a,t	0,5 \pm 0,03 f,z1,m,z2	0,4 \pm 0,02 f,z1

Die lösliche Ballaststoffmenge belief sich auf 5,7 g pro Tag. Zu den Zwischenmahlzeiten wurden wesentlich weniger lösliche Ballaststoffe aufgenommen als zu den Hauptmahlzeiten. Insgesamt wurden 0,5 g lösliche Ballaststoffe pro 100 g Verzehrsmenge und 0,4 g lösliche Ballaststoffe pro 100 kcal Energieaufnahme aufgenommen. Vor allem zum Frühstück und der Zwischenmahlzeit 1 wurden die meisten löslichen Ballaststoffe pro 100 g Verzehrsmenge gegessen. Die lösliche Ballaststoffaufnahme pro 100 kcal war wiederum für alle Mahlzeiten außer einem Anstieg zur Zwischenmahlzeit 1 ähnlich hoch.

Tab.4 Ballaststoffaufnahme **unlöslich** (Ball unlöslich), Ballaststoffaufnahme unlöslich pro 100 g Verzehrsmenge (Ball unlösl/100 g) und Ballaststoffaufnahme unlöslich pro 100 kcal Energieaufnahme (Ball unlösl/100 kcal) des gesamten Tages und der einzelnen Mahlzeiten. (Mittelwert \pm SEM, n = 292, p < 0,05)

f = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Frühstücks,
z1 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z1
m = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Mittagessens
z2 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z2
a = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des Abendessens
z3 = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten der Z3
t = statistisch signifikanter Unterschied zu den Werten des gesamten Tages

Mahlzeiten	Ball unlöslich g	Ball unlösl/100 g g/g	Ball unlösl/100 kcal g/kcal
Gesamter Tag	11,7 \pm 0,10 f,z1,m,z2,a,z3	1,1 \pm 0,01 f,z1,m,z2,z3	0,8 \pm 0,01 f,z1,m,z2,z3
Frühstück	2,4 \pm 0,04 z1,m,z2,a,z3,t	1,6 \pm 0,02 z1,m,z2,a,t	0,8 \pm 0,01 z1,z3,t
Z1	0,5 \pm 0,02 f,m,z2,a,t	1,4 \pm 0,04 f,m,z2,a,t	1,4 \pm 0,06 f,m,z2,a,z3,t
Mittagessen	3,8 \pm 0,05 f,z1,z2,z3,t	1,0 \pm 0,01 f,z1,z2,a,z3,t	0,8 \pm 0,01 z1,z3,t
Z2	0,8 \pm 0,03 f,z1,m,a,z3,t	1,3 \pm 0,03 f,z1,m,a,z3,t	0,8 \pm 0,03 z1,t
Abendessen	3,8 \pm 0,05 f,z1,z2,z3,t	1,1 \pm 0,01 f,z1,m,z2,z3	0,8 \pm 0,06 z1
Z3	0,5 \pm 0,03 f,m,z2,a,t	1,5 \pm 0,06 m,z2,a,t	0,9 \pm 0,04 f,z1,m,t

Die Menge der unlöslichen Ballaststoffe des gesamten Tages betrug 11,7 g, wobei die meisten Ballaststoffe wieder zum Mittag und Abendessen und der geringere Teil zu den Zwischenmahlzeiten verzehrt wurden. Durchschnittlich wurden 1,1 g unlösliche Ballaststoffe pro 100 g und 0,8 g unlösliche Ballaststoffe pro 100 kcal aufgenommen. Die Ballaststoffaufnahme pro 100 g war zu den Zwischenmahlzeiten und dem Frühstück wesentlich höher als zum Mittag und Abendessen. Die Ballaststoffaufnahme pro 100 kcal war zu allen Mahlzeiten ähnlich, bis auf eine stärkere Erhöhung zur Zwischenmahlzeit 1.

3.2 Sortierung der Tage nach der gesamten täglichen Ballaststoffaufnahme

Tab.5 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der **täglichen Gesamt-Ballaststoffaufnahme** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert \pm SEM ; * = $p < 0,05$ im Vergleich zu Tag 1; a = $p < 0,05$ im Vergleich der benachbarten Tage.
Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tag	Bst T g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	9,5 $\pm 0,3$	874,7 $\pm 20,4$	1391,0 $\pm 29,6$	1,69 $\pm 0,03$	144,2 $\pm 7,5$	295,0 $\pm 13,8$	2,38 $\pm 0,06$	20,3 $\pm 3,5$	28,3 $\pm 5,9$	1,78 $\pm 0,23$	337,3 $\pm 12,2$
r2	11,9 *a $\pm 0,3$	938,0 *a $\pm 20,1$	1499,7 *a $\pm 32,8$	1,66 $\pm 0,03$	148,4 $\pm 7,4$	297,2 $\pm 14,2$	2,31 $\pm 0,06$	32,8 a $\pm 4,7$	44,2 $\pm 7,4$	1,60 $\pm 0,17$	348,4 $\pm 11,0$
r3	13,8 *a $\pm 0,3$	998,0 *a $\pm 20,5$	1561,7 *a $\pm 33,4$	1,62 $\pm 0,03$	163,2 $\pm 7,9$	318,8 $\pm 14,1$	2,28 $\pm 0,06$	28,7 $\pm 4,6$	45,4 $\pm 8,0$	2,15 $\pm 0,20$	381,5 *a $\pm 12,2$
r4	15,1 *a $\pm 0,3$	1013,6 * $\pm 19,3$	1586,8 * $\pm 34,8$	1,61 $\pm 0,03$	156,1 $\pm 7,3$	308,8 $\pm 13,8$	2,29 $\pm 0,06$	31,5 $\pm 4,4$	53,7 * $\pm 7,9$	2,25 $\pm 0,19$	380,1 * $\pm 11,9$
r5	16,4 *a $\pm 0,3$	1056,2 *a $\pm 21,5$	1615,5 * $\pm 35,3$	1,58 * $\pm 0,03$	161,5 $\pm 7,4$	330,1 $\pm 14,4$	2,36 $\pm 0,06$	30,5 $\pm 4,1$	42,4 $\pm 6,7$	1,82 $\pm 0,18$	396,7 * $\pm 12,4$
r6	17,8 *a $\pm 0,4$	1109,1 *a $\pm 20,9$	1695,2 *a $\pm 38,2$	1,56 * $\pm 0,03$	168,4 * $\pm 7,6$	334,0 $\pm 14,8$	2,31 $\pm 0,06$	40,8 * $\pm 5,4$	62,6 *a $\pm 8,3$	2,14 $\pm 0,17$	411,3 * $\pm 12,3$
r7	19,4 *a $\pm 0,4$	1125,1 * $\pm 20,5$	1731,8 * $\pm 38,2$	1,57 * $\pm 0,03$	176,6 * $\pm 7,6$	350,9 * $\pm 14,4$	2,27 $\pm 0,06$	36,7 * $\pm 4,4$	57,3 * $\pm 7,6$	1,86 $\pm 0,15$	416,9 * $\pm 12,1$
r8	21,2 *a $\pm 0,4$	1203,8 *a $\pm 23,8$	1780,7 * $\pm 39,1$	1,52 * $\pm 0,03$	182,2 * $\pm 8,5$	351,5 * $\pm 15,3$	2,29 $\pm 0,06$	47,5 * $\pm 5,6$	68,0 * $\pm 9,2$	1,78 $\pm 0,16$	444,0 * $\pm 13,8$
r9	23,4 *a $\pm 0,4$	1228,4 * $\pm 22,8$	1796,7 * $\pm 42,1$	1,50 * $\pm 0,03$	193,8 * $\pm 8,8$	365,0 * $\pm 15,0$	2,20 * $\pm 0,06$	39,7 * $\pm 5,1$	56,8 * $\pm 8,5$	1,76 $\pm 0,17$	453,7 * $\pm 13,2$
r10	27,3 *a $\pm 0,5$	1334,8 *a $\pm 26,5$	1906,9 *a $\pm 44,4$	1,45 * $\pm 0,02$	192,4 * $\pm 8,6$	368,5 * $\pm 14,2$	2,22 $\pm 0,05$	50,0 * $\pm 5,7$	68,3 * $\pm 9,1$	1,64 $\pm 0,15$	491,8 *a $\pm 15,2$

Tab.5 Fortsetzung

Tag	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	461,5 $\pm 16,0$	1,61 $\pm 0,05$	55,6 $\pm 6,5$	107,4 $\pm 11,2$	2,41 $\pm 0,12$	295,1 $\pm 11,5$	452,7 $\pm 16,2$	1,82 $\pm 0,05$	22,2 $\pm 3,2$	46,1 $\pm 6,9$	2,96 $\pm 0,28$
r2	487,6 $\pm 15,9$	1,59 $\pm 0,05$	55,7 $\pm 6,1$	119,6 $\pm 12,1$	2,72 $\pm 0,13$	317,9 $\pm 10,8$	484,6 $\pm 16,0$	1,72 $\pm 0,05$	34,8 a $\pm 5,0$	66,3 a $\pm 8,8$	2,87 $\pm 0,21$
r3	512,0 $\pm 15,4$	1,56 $\pm 0,05$	57,0 $\pm 5,3$	120,8 $\pm 11,3$	2,64 $\pm 0,13$	332,2 $\pm 11,5$	505,8 $\pm 16,8$	1,72 $\pm 0,05$	35,6 * $\pm 4,5$	59,2 $\pm 7,3$	2,63 $\pm 0,21$
r4	518,8 * $\pm 16,4$	1,58 $\pm 0,05$	56,2 $\pm 5,8$	111,7 $\pm 10,4$	2,68 $\pm 0,14$	346,3 * $\pm 11,2$	513,1 * $\pm 16,5$	1,67 $\pm 0,05$	43,4 * $\pm 5,1$	80,7 *a $\pm 9,6$	2,69 $\pm 0,18$
r5	523,9 * $\pm 16,1$	1,50 $\pm 0,05$	58,1 $\pm 5,4$	111,1 $\pm 10,5$	2,54 a $\pm 0,13$	356,6 * $\pm 12,7$	534,1 * $\pm 17,1$	1,68 $\pm 0,05$	43,9 * $\pm 5,3$	73,9 * $\pm 8,4$	2,67 $\pm 0,20$
r6	528,6 * $\pm 17,7$	1,43 $\pm 0,05$	66,7 $\pm 6,5$	123,0 $\pm 11,4$	2,39 $\pm 0,12$	387,3 * $\pm 12,6$	581,0 *a $\pm 20,4$	1,65 * $\pm 0,05$	34,6 $\pm 4,6$	65,9 $\pm 9,1$	2,78 $\pm 0,21$
r7	544,5 * $\pm 16,3$	1,49 $\pm 0,05$	77,0 $\pm 6,7$	138,1 $\pm 11,4$	2,37 $\pm 0,12$	370,3 * $\pm 12,1$	560,3 * $\pm 18,3$	1,70 $\pm 0,05$	47,6 *a $\pm 5,4$	80,7 * $\pm 10,7$	2,44 $\pm 0,19$
r8	554,6 * $\pm 18,1$	1,42 * $\pm 0,04$	79,4 $\pm 7,0$	142,1 $\pm 12,0$	2,48 $\pm 0,13$	404,4 *a $\pm 14,1$	570,2 * $\pm 19,4$	1,63 $\pm 0,05$	46,3 * $\pm 5,4$	94,3 * $\pm 11,8$	2,90 $\pm 0,19$
r9	560,9 * $\pm 17,8$	1,38 * $\pm 0,04$	83,1 * $\pm 7,3$	147,6 $\pm 12,5$	2,31 $\pm 0,12$	407,9 * $\pm 13,9$	568,9 * $\pm 19,6$	1,57 * $\pm 0,05$	50,2 * $\pm 6,2$	97,5 * $\pm 13,2$	2,79 $\pm 0,19$
r10	591,7 * $\pm 19,9$	1,34 * $\pm 0,04$	86,9 * $\pm 7,7$	151,6 $\pm 13,2$	2,32 $\pm 0,12$	447,5 *a $\pm 14,7$	602,1 * $\pm 20,1$	1,51 * $\pm 0,04$	66,3 *a $\pm 7,7$	125,1 * $\pm 15,4$	2,76 $\pm 0,18$

Die Sortierung nach der täglich verzehrten Ballaststoffmenge begutachtend, betrug die Ballaststoffmenge 9,5 g bis 27,3 g, entsprechend einer Spannweite von 17,8 g. Alle Tage ab Tag 2 wiesen im Vergleich mit Tag 1 einen statistisch signifikanten Unterschied auf. Der statistisch signifikante Unterschied der benachbarten Tage untereinander wird im Folgenden nicht weiter beschrieben, da er von geringer Bedeutung für die Schlussfolgerung ist. Die statistische Signifikanz bezieht sich im weiteren Text stets auf den Vergleich mit Tag 1.

Für den gesamten Tag zeigte sich mit steigender Gesamt-Ballaststoffaufnahme auch eine steigende Verzehrsmenge und Energieaufnahme. Die Gesamtverzehrsmenge belief sich auf 875 g bis 1335 g (Spannweite 460 g) und die Energieaufnahme auf 1391 kcal bis hin zu 1907 kcal (Spannweite 516 kcal). Sowohl für die Verzehrsmenge als auch für die Energieaufnahme wurde ein statistisch signifikanter Anstieg der Werte deutlich. Die Energiedichte reichte von 1,69 kcal/g bis 1,45 kcal/g (Spannweite 0,24 kcal/g) und wies, gegensätzlich zu den vorherigen Anstiegen einen ab Tag 5 statistisch signifikanten Abfall auf.

Auch für die einzelnen Mahlzeiten ließ sich ein nicht ganz so ausgeprägter positiver Zusammenhang zwischen steigender Gesamt-Ballaststoffaufnahme und der jeweiligen steigenden Verzehrsmenge und Energieaufnahme darstellen. Der entsprechende Abfall der Energiedichte konnte allerdings nicht, beziehungsweise nur teilweise (Mittag und Abendessen) für die Einzelmahlzeiten bestätigt werden.

Beim Frühstück entsprach die Verzehrsmenge einer Spannweite von 48 g (Bereich zwischen 144 g und 192 g) und zeigte einen ab Tag 6 statistisch signifikanten Anstieg. Die Energieaufnahme befand sich zwischen 295 kcal und 369 kcal, entsprechend einer Spannweite von 74 kcal und es wurde ein ab Tag 7 statistisch signifikanter Anstieg deutlich. Die Energiedichte von 2,38 kcal/g bis 2,22 kcal/g (Spannweite 0,16 kcal/g) nahm hingegen nicht relevant ab.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 wurden 20 g bis 50 g (Spannweite 30 g) Nahrungsmenge verzehrt. Ein nicht komplett kontinuierlich verlaufender, ab Tag 6 statistisch signifikanter Anstieg der Werte ließ sich erkennen. Die Energieaufnahme belief sich auf eine Spannweite von 40 kcal (Bereich zwischen 28 kcal und 68 kcal).und zeigte auch hier einen nicht ganz geradlinigen, aber meist statistisch signifikanten Anstieg. Die Energiedichte von 2,25 kcal/g bis 1,60 kcal/g (Spannweite 0,65 kcal/g) wies keinerlei Zusammenhang zu den Anstiegen der vorherigen Werte auf.

Dem Mittagessen entsprach eine Verzehrsmenge von 337 g bis hin zu 492 g mit einer daraus resultierenden Spannweite von 155 g, wobei die Werte einen deutlichen und ab Tag 3 statistisch signifikanten Anstieg zeigten. Auch für die Energieaufnahme, die

462 kcal bis 592 kcal (Spannweite 130 kcal) betrug, konnte ein statistisch signifikanter Anstieg der Werte ab Tag 4 gezeigt werden. Die Energiedichte mit einer Spannweite von 0,27 kcal/g (Bereich zwischen 1,61 kcal/g bis 1,34 kcal/g) wies einen erst ab Tag 8 statistisch signifikanten Abfall und einen nur geringen negativen Zusammenhang zur Verzehrsmenge und der Energieaufnahme auf.

Zur Zwischenmahlzeit 2 ergab sich eine Verzehrsmenge von 56 g bis 87 g, mit einer Spannweite von 31 g. Ein nicht ganz kontinuierlicher Anstieg der Werte mit einem signifikanten Unterschied im Vergleich mit Tag 1 erst ab Tag 8 wurde deutlich. Die Energieaufnahme betrug 107 kcal bis 152 kcal (Spannweite 45 kcal). Es zeigte sich ein unkontinuierlich verlaufender, allerdings nicht statistisch signifikanter Anstieg. Die Energiedichte, die sich zwischen 2,41 kcal/g und 2,32 kcal/g bewegte, hatte eine Spannweite von 0,09 kcal/g und wies keinen statistisch signifikanten Anstieg oder Abfall der Werte auf.

Für das Abendessen ergab sich sowohl für die Verzehrsmenge von 295 g bis 448 g (Spannweite 153 g), als auch für die Energieaufnahme von 453 kcal bis 602 kcal (Spannweite 149 kcal) ein statistisch signifikanter Anstieg ab Tag 4. Die Energiedichte reichte von 1,82 kcal/g bis 1,51 kcal/g (Spannweite 0,31 kcal/g) und wies mit einigen Unregelmäßigkeiten einen Abfall der Werte und einen negativen Zusammenhang zur Verzehrsmenge und der Energieaufnahme auf.

Zur späten Zwischenmahlzeit 3 wurden 22 g bis 66 g (Spannweite 44 g) verzehrt und es wurde ein unregelmäßiger Anstieg der Werte deutlich. Die Energieaufnahme schwankte zwischen 46 kcal und 125 kcal (Spannweite 79 kcal) und auch hier zeigte sich ein unregelmäßiger Anstieg. Die Energiedichte von 2,96 kcal/g bis 2,76 kcal/g (Spannweite 0,20 kcal/g) wies keinerlei Anstieg oder Abfall auf.

3.3 Sortierung der Tage nach der täglichen löslichen Ballaststoffaufnahme

Tab.6 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der **täglichen löslichen** Ballaststoffaufnahme (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert \pm SEM ; * = $p < 0,05$ im Vergleich zu Tag 1 ; a = $p < 0,05$ im Vergleich der benachbarten Tage.
Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tag	Bst Tl g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	3,0 $\pm 0,1$	890,8 $\pm 20,8$	1393,9 $\pm 31,1$	1,65 $\pm 0,03$	142,7 $\pm 7,5$	284,4 $\pm 13,7$	2,34 $\pm 0,06$	20,4 $\pm 3,7$	25,4 $\pm 5,5$	1,66 $\pm 0,25$	356,4 $\pm 12,3$
r2	3,8 *a $\pm 0,1$	959,8 *a $\pm 20,7$	1493,4 *a $\pm 32,1$	1,64 $\pm 0,03$	144,7 $\pm 7,0$	288,2 $\pm 12,3$	2,34 $\pm 0,06$	39,4 *a $\pm 5,7$	54,0 *a $\pm 8,1$	1,86 $\pm 0,18$	364,4 $\pm 11,8$
r3	4,4 *a $\pm 0,1$	1000,8 *a $\pm 20,6$	1543,5 * $\pm 34,2$	1,59 $\pm 0,03$	161,1 a $\pm 7,5$	323,5 a $\pm 15,7$	2,28 $\pm 0,06$	24,7 a $\pm 3,7$	42,3 $\pm 8,1$	2,01 $\pm 0,21$	371,7 $\pm 12,3$
r4	4,9 *a $\pm 0,1$	1038,3 *a $\pm 19,8$	1602,9 * $\pm 32,7$	1,59 $\pm 0,03$	159,8 $\pm 7,6$	314,7 $\pm 14,3$	2,29 $\pm 0,06$	30,7 $\pm 4,4$	44,6 $\pm 7,3$	1,92 $\pm 0,20$	392,5 $\pm 11,2$
r5	5,3 *a $\pm 0,1$	1069,0 * $\pm 21,2$	1602,6 * $\pm 36,1$	1,54 *a $\pm 0,02$	167,9 * $\pm 8,1$	332,7 * $\pm 14,9$	2,28 $\pm 0,05$	34,8 * $\pm 4,5$	49,7 * $\pm 7,0$	1,92 $\pm 0,17$	378,3 $\pm 12,0$
r6	5,7 *a $\pm 0,1$	1071,0 * $\pm 21,2$	1700,9 *a $\pm 39,0$	1,63 a $\pm 0,03$	168,8 * $\pm 7,8$	340,6 * $\pm 15,6$	2,32 $\pm 0,06$	32,7 $\pm 4,6$	51,8 * $\pm 7,6$	2,20 $\pm 0,18$	397,1 * $\pm 12,1$
r7	6,2 *a $\pm 0,1$	1143,1 *a $\pm 21,7$	1716,7 * $\pm 36,5$	1,54 *a $\pm 0,03$	173,5 * $\pm 8,0$	340,8 * $\pm 14,0$	2,33 $\pm 0,06$	39,2 * $\pm 4,6$	56,5 * $\pm 7,8$	1,79 $\pm 0,15$	432,8 *a $\pm 13,0$
r8	6,9 *a $\pm 0,1$	1195,7 *a $\pm 24,5$	1786,8 *a $\pm 24,4$	1,53 * $\pm 0,03$	186,0 * $\pm 8,3$	350,2 * $\pm 13,8$	2,23 $\pm 0,06$	42,5 * $\pm 5,1$	67,2 * $\pm 8,9$	1,92 $\pm 0,16$	437,7 * $\pm 13,8$
r9	7,6 *a $\pm 0,2$	1212,3 * $\pm 24,1$	1813,0 * $\pm 40,2$	1,54 * $\pm 0,03$	187,5 * $\pm 8,5$	368,9 * $\pm 15,3$	2,30 $\pm 0,06$	48,2 * $\pm 5,7$	71,7 * $\pm 9,3$	1,82 $\pm 0,15$	459,9 * $\pm 14,3$
r10	9,0 *a $\pm 0,2$	1300,8 *a $\pm 25,0$	1912,1 *a $\pm 43,3$	1,51 * $\pm 0,03$	195,1 * $\pm 8,4$	375,8 * $\pm 13,9$	2,21 $\pm 0,05$	45,9 * $\pm 5,4$	64,0 * $\pm 8,9$	1,67 $\pm 0,16$	470,9 * $\pm 14,4$

Tab.6 Fortsetzung

Tag	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	482,4 $\pm 16,3$	1,58 $\pm 0,05$	49,7 $\pm 5,9$	99,7 $\pm 10,6$	2,51 $\pm 0,13$	297,8 $\pm 11,1$	453,3 $\pm 15,7$	1,78 $\pm 0,05$	23,7 $\pm 3,3$	48,6 $\pm 6,6$	2,94 $\pm 0,22$
r2	490,6 $\pm 15,9$	1,55 $\pm 0,05$	55,3 $\pm 5,9$	115,0 $\pm 10,7$	2,66 a $\pm 0,13$	322,1 $\pm 11,2$	474,2 $\pm 17,4$	1,67 $\pm 0,05$	34,2 a $\pm 4,7$	71,6 a $\pm 9,8$	3,04 $\pm 0,25$
r3	494,0 $\pm 16,4$	1,51 $\pm 0,05$	51,0 $\pm 5,4$	108,2 $\pm 11,8$	2,76 $\pm 0,15$	352,0 *a $\pm 11,8$	501,8 $\pm 16,6$	1,62 $\pm 0,05$	40,2 * $\pm 5,3$	73,7 $\pm 8,9$	2,82 $\pm 0,19$
r4	531,9 $\pm 15,3$	1,54 $\pm 0,05$	66,3 a $\pm 6,7$	127,7 $\pm 12,3$	2,52 $\pm 0,12$	354,0 * $\pm 12,3$	519,9 * $\pm 16,3$	1,68 $\pm 0,05$	34,9 $\pm 4,0$	64,0 $\pm 7,6$	2,77 $\pm 0,19$
r5	495,8 $\pm 15,9$	1,51 $\pm 0,05$	63,1 $\pm 5,9$	105,8 $\pm 9,9$	2,27 $\pm 0,13$	378,3 * $\pm 12,8$	544,9 * $\pm 18,2$	1,60 $\pm 0,04$	46,6 * $\pm 5,6$	73,8 $\pm 9,3$	2,44 * $\pm 0,21$
r6	534,1 $\pm 16,9$	1,56 $\pm 0,05$	68,5 $\pm 6,0$	141,1 *a $\pm 12,2$	2,58 $\pm 0,12$	361,6 * $\pm 12,2$	548,2 * $\pm 18,5$	1,72 a $\pm 0,05$	42,6 * $\pm 5,2$	85,1 * $\pm 10,1$	2,86 $\pm 0,20$
r7	546,4 * $\pm 17,2$	1,42 *a $\pm 0,04$	68,2 $\pm 6,1$	125,4 $\pm 9,8$	2,50 $\pm 0,13$	391,2 *a $\pm 13,1$	574,5 * $\pm 20,6$	1,65 $\pm 0,05$	38,3 * $\pm 4,5$	73,1 $\pm 9,0$	2,71 $\pm 0,20$
r8	553,4 * $\pm 18,8$	1,43 $\pm 0,04$	86,4 *a $\pm 7,9$	153,1 *a $\pm 12,9$	2,44 $\pm 0,12$	395,6 * $\pm 14,0$	573,8 * $\pm 19,3$	1,68 $\pm 0,05$	47,5 * $\pm 5,4$	89,1 * $\pm 11,5$	2,71 $\pm 0,20$
r9	570,3 * $\pm 18,4$	1,38 * $\pm 0,04$	80,5 * $\pm 7,3$	140,0 * $\pm 11,7$	2,41 $\pm 0,13$	385,1 * $\pm 13,2$	566,4 * $\pm 17,4$	1,69 $\pm 0,05$	51,1 * $\pm 6,9$	95,9 * $\pm 13,6$	2,76 $\pm 0,19$
r10	585,1 * $\pm 18,7$	1,42 $\pm 0,05$	86,4 * $\pm 7,1$	157,2 * $\pm 13,5$	2,23 $\pm 0,11$	436,8 *a $\pm 14,2$	615,7 *a $\pm 20,1$	1,57 *a $\pm 0,04$	65,8 * $\pm 7,5$	114,8 * $\pm 15,2$	2,54 $\pm 0,18$

Die Sortierung der Tage nach den gesamt verzehrten löslichen Ballaststoffen lieferte eine Bandbreite von 3,0 g bis 9,0 g (Spannweite 6,0 g) und es ließ sich ein signifikanter Unterschied für alle Tage ab Tag 2 im Vergleich mit Tag 1 demonstrieren.

Als Bestandteil der Gesamtballaststoffmenge zeigte die Analyse der Sortierung nach den löslichen Ballaststoffen eine ähnliche Auswirkung auf die anderen Mahlzeiten und die Gesamttagesbilanz wie Erstere.

In der Tagesbilanz zeigte sich erneut ein starker positiver Zusammenhang zwischen der steigenden Ballaststoffaufnahme und der damit steigenden Gesamtverzehrsmenge und Energieaufnahme. Die Verzehrsmenge des ganzen Tages lag bei 891 g bis 1301 g (Spannweite 410 g) und die Energieaufnahme bei 1394 kcal bis 1912 kcal (Spannweite 518 kcal). Für beide wurde ein deutlicher und statistisch signifikanter Anstieg ersichtlich. Die Energiedichte von 1,65 kcal/g bis 1,51 kcal/g (Spannweite 0,14 kcal/g) lieferte einen, nicht völlig kontinuierlich verlaufenden Abfall der Werte, der einen negativen Zusammenhang zu den vorherigen Anstiegen aufwies.

Für die einzelnen Mahlzeiten konnte ebenfalls die Verbindung zwischen steigender Ballaststoffaufnahme und der jeweiligen steigenden Verzehrsmenge und Energieaufnahme gezeigt werden.

Die Verzehrsmenge zum Frühstück ergab eine Spannweite von 52 g (Bereich zwischen 143 g und 195 g) und die Energieaufnahme bewegte sich zwischen 284 kcal und 376 kcal (Spannweite 92 kcal). Für beide Kategorien stiegen die Werte nicht komplett kontinuierlich, aber ab Tag 5 statistisch signifikant an. Die Energiedichte mit einer Spannweite von 0,13 kcal/g (Bereich zwischen 2,34 kcal/g und 2,21 kcal/g) wies keine signifikanten Unterschiede auf.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 ergab sich eine Verzehrsmenge von 20 g bis 46 g (Spannweite 26 g). Ein zeitweise statistisch signifikanter Anstieg konnte gezeigt werden. Die Energieaufnahme variierte von 25 kcal bis 64 kcal (Spannweite 39 kcal) und auch hier wurde ein nicht komplett kontinuierlicher, aber zwischenzeitlich statistisch signifikanter Anstieg der Werte deutlich. Die Energiedichte, mit einer Spannweite von 0,01 kcal/g (Bereich zwischen 1,66 kcal/g und 1,67 kcal/g) und Höchstwerten von 2,20 kcal/g zeigte keinen Trend auf.

In Bezug auf das Mittagessen wurde eine Verzehrsmenge von 356 g bis 471 g (Spannweite 115 g) festgestellt. Auch hier stiegen die Werte deutlich und ab Tag 6 statistisch signifikant an. Die Energieaufnahme belief sich auf 482 kcal bis 585 kcal (Spannweite 103 kcal) und wies ebenfalls einen ab Tag 7 statistisch signifikanten Anstieg der Werte auf. Die Energiedichte von 1,58 kcal/g bis 1,42 kcal/g (Spannweite 0,16 kcal/g) bot keinen eindeutigen Abfall der Werte.

Zur nachmittäglichen Zwischenmahlzeit 2 belief sich die Verzehrsmenge auf 50 g bis 86 g (Spannweite 36 g) und zeigte einen beinahe kontinuierlichen Anstieg, der allerdings erst ab Tag 8 statistisch signifikant wurde. Die Energieaufnahme stieg von 100 kcal auf 157 kcal (Spannweite 57 kcal). Die Energiedichte von 2,51 kcal/g bis 2,23 kcal/g (Spannweite 0,28 kcal/g) mit Höchstwerten von 2,76 kcal/g zeigte keinerlei Zusammenhang zu dem Anstieg der Verzehrsmenge und der Energieaufnahme.

Das Abendessen lieferte eine Verzehrsmenge von 298 g bis 437 g (Spannweite 139 g) und es konnte ein deutlicher ab Tag 3 statistisch signifikanter Anstieg der Werte aufgezeigt werden. Die Energieaufnahme hatte eine Spannweite von 163 kcal (Bereich zwischen 453 kcal und 616 kcal) und es wurde ebenfalls ein Ansteigen der Werte mit statistisch signifikanten Unterschieden ab Tag 4 deutlich. Die Energiedichte von 1,78 kcal/g bis 1,57 kcal/g (Spannweite 0,21 kcal/g) wies keine Verbindung zu den vorangegangenen Anstiegen auf.

Bei der späten Zwischenmahlzeit 3 bot sich eine Verzehrsmenge von 24 g bis 66 g (Spannweite 42 g). Ein nicht kontinuierlicher, aber ab Tag 5 statistisch signifikanter Anstieg der Werte wurde ersichtlich und auch die Energieaufnahme stieg mit einigen Schwankungen von 49 kcal auf 115 kcal (Spannweite 66 kcal) deutlich an. Die Energiedichte mit einer Spannweite von 0,40 kcal/g (Bereich zwischen 2,94 kcal/g und 2,54 kcal/g) konnte allerdings keinerlei Zusammenhang zu den Anstiegen der vorherigen Werte aufzeigen.

3.4.Sortierung der Tage nach der täglichen unlöslichen Ballaststoffaufnahme

Tab.7 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der **täglichen unlöslichen** Ballaststoffaufnahme (g) bei 292 Adipösen.
(Mittelwert \pm SEM ; * = $p < 0,05$ im Vergleich zu Tag 1; a = $p < 0,05$ im Vergleich der benachbarten Tage.
Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst Tu g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	6,2 $\pm 0,2$	836,9 $\pm 20,0$	1402,6 $\pm 30,7$	1,72 $\pm 0,03$	143,8 $\pm 7,4$	294,4 $\pm 13,8$	2,36 $\pm 0,06$	22,9 $\pm 4,0$	27,2 $\pm 5,6$	1,59 $\pm 0,21$	328,5 $\pm 12,0$
r2	7,8 *a $\pm 0,2$	923,4 *a $\pm 19,9$	1483,7 a $\pm 32,3$	1,67 $\pm 0,03$	146,1 $\pm 7,3$	302,9 $\pm 14,2$	2,39 $\pm 0,06$	31,3 $\pm 4,3$	50,6 a $\pm 7,8$	1,92 $\pm 0,18$	342,0 $\pm 11,3$
r3	9,0 *a $\pm 0,2$	995,3 *a $\pm 20,5$	1569,7 *a $\pm 36,0$	1,62 * $\pm 0,03$	167,2 *a $\pm 8,2$	318,7 $\pm 13,8$	2,27 $\pm 0,06$	28,6 $\pm 4,5$	41,4 $\pm 7,1$	1,93 $\pm 0,19$	377,5 *a $\pm 12,0$
r4	10,0 *a $\pm 0,2$	1029,7 *a $\pm 19,8$	1606,7 * $\pm 33,5$	1,61 * $\pm 0,03$	158,8 $\pm 7,2$	331,8 $\pm 15,5$	2,34 $\pm 0,06$	24,8 $\pm 5,1$	54,1 $\pm 8,5$	2,06 $\pm 0,19$	383,3 * $\pm 11,4$
r5	11,0 *a $\pm 0,2$	1065,4 * $\pm 21,4$	1629,5 * $\pm 34,7$	1,57 * $\pm 0,02$	162,5 $\pm 7,6$	306,6 $\pm 13,5$	2,21 $\pm 0,07$	30,6 $\pm 4,1$	49,9 * $\pm 7,3$	2,21 $\pm 0,18$	404,8 * $\pm 12,6$
r6	11,9 *a $\pm 0,2$	1091,5 * $\pm 20,5$	1666,0 * $\pm 36,8$	1,56 * $\pm 0,03$	164,7 $\pm 7,3$	341,0 *a $\pm 14,7$	2,37 a $\pm 0,06$	32,6 $\pm 4,4$	45,7 $\pm 6,7$	2,06 $\pm 0,20$	410,6 * $\pm 12,2$
r7	12,9 *a $\pm 0,3$	1143,9 *a $\pm 19,6$	1743,1 *a $\pm 39,7$	1,55 * $\pm 0,03$	179,6 * $\pm 7,9$	349,8 * $\pm 14,6$	2,27 $\pm 0,06$	41,0 * $\pm 5,0$	67,8 *a $\pm 9,1$	1,92 $\pm 0,15$	419,7 * $\pm 12,7$
r8	14,2 *a $\pm 0,3$	1188,7 *a $\pm 24,4$	1776,9 * $\pm 39,8$	1,54 * $\pm 0,03$	177,0 * $\pm 8,2$	342,5 $\pm 14,9$	2,28 $\pm 0,06$	44,0 * $\pm 5,5$	57,8 * $\pm 8,1$	1,60 $\pm 0,15$	448,7 *a $\pm 13,1$
r9	15,8 *a $\pm 0,3$	1246,3 *a $\pm 23,4$	1809,8 * $\pm 40,3$	1,49 * $\pm 0,03$	195,3 *a $\pm 8,7$	366,3 * $\pm 14,7$	2,21 * $\pm 0,06$	43,7 * $\pm 5,4$	68,6 * $\pm 9,7$	1,94 $\pm 0,17$	463,2 * $\pm 13,9$
r10	18,5 *a $\pm 0,4$	1333,5 *a $\pm 25,9$	1878,0 * $\pm 45,1$	1,43 *a $\pm 0,02$	191,8 * $\pm 8,7$	365,9 * $\pm 14,2$	2,23 $\pm 0,05$	49,2 * $\pm 5,5$	63,9 * $\pm 8,5$	1,57 $\pm 0,15$	483,3 * $\pm 15,0$

Tab.7 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	461,9 $\pm 16,7$	1,64 $\pm 0,05$	51,9 $\pm 5,9$	107,5 $\pm 11,5$	2,49 $\pm 0,13$	291,9 $\pm 11,5$	460,7 $\pm 16,6$	1,87 $\pm 0,06$	25,0 $\pm 3,7$	50,9 $\pm 7,9$	2,99 $\pm 0,26$
r2	480,3 $\pm 15,6$	1,61 $\pm 0,05$	55,2 $\pm 6,2$	111,9 $\pm 11,1$	2,67 $\pm 0,14$	321,5 $\pm 10,9$	488,5 $\pm 16,7$	1,70 a $\pm 0,05$	27,4 $\pm 4,6$	49,3 $\pm 7,2$	2,76 $\pm 0,23$
r3	508,3 $\pm 16,4$	1,54 $\pm 0,05$	63,5 $\pm 6,0$	128,0 $\pm 11,8$	2,61 $\pm 0,12$	320,7 $\pm 11,7$	505,3 $\pm 17,2$	1,80 $\pm 0,05$	38,1 $\pm 4,7$	68,3 a $\pm 8,0$	2,86 $\pm 0,20$
r4	512,8 $\pm 15,4$	1,52 $\pm 0,05$	55,4 $\pm 5,5$	106,0 $\pm 10,5$	2,57 $\pm 0,14$	352,4 *a $\pm 11,7$	522,8 * $\pm 16,5$	1,69 $\pm 0,05$	44,9 * $\pm 5,1$	79,2 $\pm 9,3$	2,60 $\pm 0,19$
r5	543,0 * $\pm 15,7$	1,57 $\pm 0,05$	62,0 $\pm 5,9$	127,0 $\pm 11,6$	2,62 $\pm 0,12$	366,2 * $\pm 12,5$	532,3 * $\pm 18,0$	1,63 * $\pm 0,05$	39,3 * $\pm 4,9$	70,0 $\pm 8,8$	2,68 $\pm 0,20$
r6	523,6 * $\pm 16,3$	1,41 *a $\pm 0,04$	63,8 $\pm 5,9$	118,4 $\pm 10,0$	2,37 a $\pm 0,12$	377,4 * $\pm 11,7$	564,3 * $\pm 18,8$	1,64 * $\pm 0,05$	42,4 * $\pm 5,1$	73,0 $\pm 8,8$	2,66 $\pm 0,20$
r7	545,6 * $\pm 17,6$	1,49 $\pm 0,05$	71,6 $\pm 6,7$	136,9 $\pm 11,9$	2,25 $\pm 0,13$	392,4 * $\pm 13,0$	572,1 * $\pm 19,6$	1,62 * $\pm 0,05$	39,6 * $\pm 5,1$	71,0 $\pm 10,5$	2,46 $\pm 0,19$
r8	567,5 * $\pm 17,8$	1,42 * $\pm 0,04$	80,4 * $\pm 7,2$	135,3 $\pm 11,6$	2,37 $\pm 0,13$	390,1 * $\pm 13,5$	572,7 * $\pm 19,0$	1,67 $\pm 0,05$	48,4 * $\pm 5,3$	101,2 *a $\pm 12,1$	2,96 a $\pm 0,19$
r9	570,4 * $\pm 18,1$	1,40 * $\pm 0,05$	79,7 * $\pm 7,1$	143,3 $\pm 12,4$	2,37 $\pm 0,12$	412,6 * $\pm 13,9$	566,0 * $\pm 18,5$	1,57 * $\pm 0,05$	51,9 * $\pm 6,2$	95,1 * $\pm 11,9$	2,76 $\pm 0,19$
r10	570,7 * $\pm 19,9$	1,30 * $\pm 0,04$	92,0 * $\pm 7,9$	158,8 * $\pm 13,6$	2,28 $\pm 0,12$	449,3 *a $\pm 14,8$	588,1 * $\pm 20,2$	1,47 * $\pm 0,04$	67,8 *a $\pm 7,7$	131,0 *a $\pm 16,4$	2,73 $\pm 0,18$

Auch die Sortierung nach der unlöslichen Ballaststoffmenge des ganzen Tages wies, als Teil der Gesamtballaststoffmenge eine starke Ähnlichkeit zu den Werten Letzterer auf. Die unlöslichen Ballaststoffe variierten von 6,2 g bis 18,5 g (Spannweite 12,3 g) und zeigten einen statistisch signifikanten Anstieg für alle Tage ab Tag 2 im Vergleich mit Tag 1 auf.

Der ganze Tag lieferte eine Verzehrsmenge von 837 g bis 1334 g (Spannweite 497 g) und einen deutlichen Anstieg der Werte mit signifikanten Unterschieden für alle Tage ab Tag 2. Die Energieaufnahme zwischen 1403 kcal und 1878 kcal (Spannweite 475 kcal) bot ebenfalls einen deutlichen Anstieg und signifikante Unterschiede für alle Tage ab Tag 3. Die Energiedichte von 1,72 kcal/g bis 1,43 kcal/g (Spannweite 0,29 kcal/g) zeigte einen deutlichen, ab Tag 3 statistisch signifikanten Abfall der Werte.

Beim Frühstück ergab sich eine Verzehrsmenge von 144 g bis 192 g (Spannweite 48 g). Ein unregelmäßig verlaufender Anstieg mit statistischer Signifikanz ab Tag 7 wurde deutlich. Die Energieaufnahme von 294 kcal bis 366 kcal hatte eine Spannweite von 72 kcal und wies ebenfalls einen unkontinuierlichen ab Tag 6 statistisch signifikanten Anstieg auf. Bei der Energiedichte zwischen 2,36 kcal/g und 2,23 kcal/g (Spannweite 0,13 kcal/g) wurde keinerlei Verbindung zu den vorherigen Werten ersichtlich.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 wurden zwischen 23 g und 49 g (Spannweite 26 g) Verzehrsmenge aufgenommen und ein unkontinuierlicher ab Tag 7 statistisch signifikanter Anstieg dieser Werte wurde deutlich. Die Energieaufnahme mit einer Spannweite von 37 kcal (Bereich zwischen 27 kcal und 64 kcal) zeigte ebenfalls einen unregelmäßig verlaufenden Anstieg mit statistischer Signifikanz ab Tag 7. Die Energiedichte von 1,59 kcal/g bis 1,57 kcal/g (Spannweite 0,02 kcal/g) mit Höchstwerten von 2,21 kcal/g demonstrierte keinerlei Zusammenhang zu dem Anstieg der Verzehrsmenge und der Energieaufnahme.

Das Mittagessen lieferte eine Verzehrsmenge von 329 g bis 483 g (Spannweite 154 g), sowie einen deutlichen, kontinuierlichen und ab Tag 3 statistisch signifikanten Anstieg der Werte. Die Energieaufnahme von 462 kcal bis 571 kcal (Spannweite 109 kcal) zeigte einen ab Tag 5 statistisch signifikanten Anstieg. Die Energiedichte mit einer Spannweite von 0,34 kcal/g (Bereich zwischen 1,64 kcal/g und 1,30 kcal/g) bot einen unkontinuierlichen Abfall, der ab Tag 8 statistisch signifikant wurde.

Zur Zwischenmahlzeit 2 betrug die Verzehrsmenge zwischen 52 g und 92 g (Spannweite 40 g) und demonstrierte einen beinahe kontinuierlichen, ab Tag 8 statistisch signifikanten Anstieg. Die Energieaufnahme von 108 kcal bis 159 kcal (Spannweite 51 kcal) wies keinen so deutlichen Anstieg auf und konnte nur einen

statistisch signifikanten Unterschied zwischen Tag 1 und 10 aufzeigen. Die Energiedichte von 2,49 kcal/g bis 2,28 kcal/g (Spannweite 0,21 kcal/g) zeigte keinen Zusammenhang zu den vorherigen Werten.

Das Abendessen enthielt eine Verzehrsmenge von 292 g bis 449 g (Spannweite 157 g), die deutlich und ab Tag 4 statistisch signifikant anstieg. Die Energieaufnahme von 461 kcal bis 588 kcal (Spannweite 127 kcal) konnte ebenfalls einen Anstieg der Werte mit signifikanten Unterschieden ab Tag 4 aufweisen. Die Energiedichte von 1,87 kcal/g bis 1,47 kcal/g (Spannweite 0,40kcal/g) zeigte einen nicht ganz kontinuierlichen, ab Tag 5 statistisch signifikanten Abfall auf.

Bei der späten Zwischenmahlzeit 3 belief sich die Verzehrsmenge auf 25 g bis 68 g (Spannweite 43 g) und ein unkontinuierlicher Anstieg mit statistisch signifikanten Unterschieden ab Tag 4 zeigte sich. Die Energieaufnahme bewegte sich zwischen 51 kcal bis 131 kcal (Spannweite 80 kcal) und wies einen unregelmäßigen ab Tag 8 statistisch signifikanten Anstieg der Werte auf. Die Energiedichte von 2,99 kcal/g bis 2,73 kcal/g (Spannweite 0,26 kcal/g) zeigte keinen Zusammenhang zu den Anstiegen der Verzehrsmenge und der Energieaufnahme.

3.5 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zum Frühstück

Tab.8 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zum **Frühstück** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert \pm SEM ; * = $p < 0,05$ im Vergleich zu Tag 1; a = $p < 0,05$ im Vergleich der benachbarten Tage.
Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst F g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	1,3 $\pm 0,1$	1032,4 $\pm 22,0$	1565,0 $\pm 35,2$	1,56 $\pm 0,03$	86,4 $\pm 5,8$	177,3 $\pm 10,7$	2,24 $\pm 0,07$	38,7 $\pm 5,3$	52,3 $\pm 7,7$	1,73 $\pm 0,16$	440,8 $\pm 12,3$
r2	1,9 *a $\pm 0,1$	1018,2 $\pm 21,8$	1578,0 $\pm 34,9$	1,61 $\pm 0,03$	112,5 *a $\pm 5,9$	235,3 *a $\pm 11,2$	2,47 $\pm 0,07$	35,0 $\pm 4,6$	53,9 $\pm 7,9$	1,93 $\pm 0,18$	414,4 $\pm 12,9$
r3	2,4 *a $\pm 0,1$	1029,3 $\pm 20,6$	1562,9 $\pm 34,5$	1,58 $\pm 0,03$	130,9 *a $\pm 6,6$	276,8 *a $\pm 12,9$	2,47 $\pm 0,06$	37,8 $\pm 5,0$	62,2 $\pm 8,7$	2,08 $\pm 0,17$	389,3 * $\pm 12,1$
r4	2,8 *a $\pm 0,1$	1070,2 $\pm 24,1$	1667,4 a $\pm 41,8$	1,61 $\pm 0,03$	145,4 *a $\pm 6,5$	294,3 * $\pm 12,3$	2,34 $\pm 0,06$	42,3 $\pm 5,4$	65,0 $\pm 9,5$	1,94 $\pm 0,17$	399,4 $\pm 12,7$
r5	3,2 *a $\pm 0,2$	1082,0 $\pm 21,2$	1632,1 $\pm 37,5$	1,54 a $\pm 0,03$	162,1 *a $\pm 7,5$	320,1 *a $\pm 13,0$	2,34 $\pm 0,06$	39,0 $\pm 4,8$	58,6 $\pm 8,3$	1,84 $\pm 0,16$	406,9 $\pm 12,9$
r6	3,6 *a $\pm 0,2$	1096,5 $\pm 22,1$	1690,9 * $\pm 37,0$	1,60 $\pm 0,03$	179,1 *a $\pm 7,6$	342,3 *a $\pm 13,5$	2,21 *a $\pm 0,06$	31,2 $\pm 4,3$	52,6 $\pm 8,4$	2,09 $\pm 0,18$	410,1 $\pm 12,8$
r7	4,2 *a $\pm 0,2$	1086,1 $\pm 22,4$	1643,5 $\pm 35,0$	1,58 $\pm 0,03$	184,5 * $\pm 7,2$	369,0 *a $\pm 13,2$	2,31 $\pm 0,06$	34,1 $\pm 4,9$	47,9 $\pm 7,1$	1,98 $\pm 0,18$	398,7 $\pm 13,2$
r8	4,8 *a $\pm 0,2$	1135,4 *a $\pm 23,8$	1687,0 * $\pm 38,6$	1,54 $\pm 0,03$	195,9 *a $\pm 7,3$	384,1 * $\pm 13,8$	2,22 * $\pm 0,05$	42,2 $\pm 5,3$	56,2 $\pm 8,6$	1,66 $\pm 0,16$	406,3 $\pm 13,5$
r9	5,6 *a $\pm 0,2$	1130,9 * $\pm 23,8$	1739,4 * $\pm 40,8$	1,59 $\pm 0,03$	232,5 *a $\pm 8,8$	449,7 *a $\pm 16,2$	2,17 * $\pm 0,05$	30,0 a $\pm 4,1$	42,6 $\pm 6,5$	1,84 $\pm 0,20$	399,6 $\pm 13,8$
r10	7,3 *a $\pm 0,3$	1189,8 *a $\pm 26,6$	1799,7 * $\pm 41,4$	1,56 $\pm 0,02$	257,5 *a $\pm 9,5$	471,0 * $\pm 17,4$	2,05 *a $\pm 0,05$	28,3 $\pm 4,3$	35,8 $\pm 6,0$	1,65 $\pm 0,21$	396,0 $\pm 13,1$

Tab.8 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	565,5 $\pm 15,9$	1,49 $\pm 0,05$	80,0 $\pm 7,6$	148,2 $\pm 12,7$	2,51 $\pm 0,12$	352,4 $\pm 12,3$	536,5 $\pm 19,2$	1,72 $\pm 0,05$	45,1 $\pm 5,9$	85,2 $\pm 11,5$	2,70 $\pm 0,21$
r2	572,0 $\pm 17,9$	1,58 $\pm 0,05$	68,6 $\pm 6,4$	128,9 $\pm 11,4$	2,47 $\pm 0,12$	346,5 $\pm 12,5$	510,5 $\pm 17,4$	1,68 $\pm 0,05$	41,0 $\pm 5,0$	77,4 $\pm 9,4$	2,93 $\pm 0,23$
r3	498,5 *a $\pm 15,2$	1,47 $\pm 0,05$	62,2 $\pm 6,2$	112,8 $\pm 10,1$	2,44 $\pm 0,13$	368,2 $\pm 12,1$	527,1 $\pm 16,8$	1,62 $\pm 0,05$	40,9 $\pm 4,7$	85,6 $\pm 9,9$	2,93 $\pm 0,19$
r4	545,6 a $\pm 18,7$	1,52 $\pm 0,04$	68,6 $\pm 6,5$	135,7 $\pm 13,0$	2,53 $\pm 0,14$	370,5 $\pm 13,4$	545,1 $\pm 19,6$	1,70 $\pm 0,05$	43,9 $\pm 5,1$	81,7 $\pm 11,0$	2,79 $\pm 0,19$
r5	512,0 $\pm 16,8$	1,44 $\pm 0,04$	70,1 $\pm 6,0$	139,6 $\pm 12,0$	2,44 $\pm 0,12$	358,8 $\pm 12,1$	528,8 $\pm 17,2$	1,69 $\pm 0,05$	45,4 $\pm 5,8$	73,6 $\pm 10,3$	2,39 $\pm 0,19$
r6	532,4 $\pm 17,2$	1,45 $\pm 0,04$	67,4 $\pm 6,1$	138,0 $\pm 11,8$	2,65 $\pm 0,12$	367,8 $\pm 12,4$	546,2 $\pm 18,7$	1,69 $\pm 0,05$	41,0 $\pm 6,0$	79,5 $\pm 11,6$	2,76 $\pm 0,20$
r7	507,9 * $\pm 16,2$	1,47 $\pm 0,05$	75,3 $\pm 7,6$	138,8 $\pm 13,1$	2,44 $\pm 0,13$	352,1 $\pm 11,0$	509,0 $\pm 16,4$	1,65 $\pm 0,05$	41,4 $\pm 4,8$	70,8 $\pm 9,4$	2,62 $\pm 0,20$
r8	507,7 * $\pm 16,9$	1,44 $\pm 0,05$	65,9 $\pm 6,3$	114,4 $\pm 9,8$	2,37 $\pm 0,13$	380,7 $\pm 14,1$	547,4 $\pm 18,2$	1,67 $\pm 0,05$	44,5 $\pm 5,6$	77,2 $\pm 9,3$	2,78 $\pm 0,20$
r9	534,3 $\pm 19,3$	1,55 $\pm 0,05$	49,8 *a $\pm 5,8$	87,4 *a $\pm 9,2$	2,37 $\pm 0,15$	376,5 $\pm 13,2$	546,4 $\pm 18,6$	1,63 $\pm 0,05$	42,6 $\pm 4,7$	79,1 $\pm 10,3$	2,59 $\pm 0,20$
r10	508,3 $\pm 16,1$	1,49 $\pm 0,05$	67,8 a $\pm 6,3$	129,2 a $\pm 11,4$	2,53 $\pm 0,13$	401,1 * $\pm 14,6$	575,9 $\pm 20,2$	1,61 $\pm 0,04$	39,1 $\pm 6,0$	79,4 $\pm 11,9$	2,93 a $\pm 0,21$

Die Sortierung nach der Ballaststoffaufnahme des Frühstücks wies eine Ballaststoffmenge zwischen 1,3 g und 7,3 g (Spannweite 6,0 g) auf. Es wurden für den Vergleich aller Tage ab Tag 2 mit Tag 1 signifikante Unterschiede für alle Tage ersichtlich.

Die Analyse der einzelnen Mahlzeiten konnte lediglich für die Frühstückswerte einen Zusammenhang mit dem Ballaststoffverzehr aufweisen. Zudem wurde demonstriert, dass eine steigende morgendliche Ballaststoffmenge auch mit steigender morgendlicher Verzehrsmenge und Energieaufnahme einherging. Eine Auswirkung auf die anderen Mahlzeiten wurde nicht ersichtlich.

Den ganzen Tag betrachtend wirkten sich die Frühstückswerte minimal auf die Tagesbilanz aus. So stellte sich zwar ein Anstieg der Verzehrsmenge von 1032 g auf 1190 g (Spannweite 158 g) dar. Dieser verlief allerdings unkontinuierlich und mit statistisch signifikanten Unterschieden lediglich für alle Tage ab Tag 8. Das gleiche galt auch für die Energieaufnahme von 1565 kcal bis 1800 kcal und einer daraus folgenden Spannweite von 235 kcal. Die Energiedichte betrug 1,56 kcal/g bis 1,56 kcal/g (Spannweite 0,00 kcal/g) und es wurde keine Verbindung zu den vorherigen Anstiegen deutlich.

Für das Frühstück ergab sich eine Verzehrsmenge von 86 g bis 258 g (Spannweite 172 g), die kontinuierlich und statistisch signifikant anstieg. Die Energieaufnahme mit einer Spannweite von 294 kcal (Bereich von 177 kcal und 471 kcal) demonstrierte ebenfalls einen kontinuierlichen statistisch signifikanten Anstieg. Die Energiedichte von 2,24 kcal/g bis 2,05 kcal/g (Spannweite 0,19 kcal/g) konnte durch einen unkontinuierlichen Abfall der Werte einen Zusammenhang zu den vorhergegangenen Anstiegen aufweisen.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 schwankte die Verzehrsmenge von 39 g bis 28 g (Spannweite 11 g). Die Werte zeigten allerdings keinerlei Anstieg oder einen anderen Zusammenhang zu der Ballaststoffaufnahme des Frühstücks. Auch die Energieaufnahme mit einer Spannweite von 17 kcal (Bereich von 52 kcal bis 35 kcal) wies keine Verbindung zu den Ballaststoffwerten auf, genauso wenig wie die Energiedichte von 1,73 kcal/g bis 1,65 kcal/g mit einer Spannweite von 0,08 kcal/g.

Das Mittagessen wies eine Verzehrsmenge von 441 g bis 396 g (Spannweite 45 g) auf, allerdings konnte kein Anstieg, Abfall, oder ein Bezug zu den Ballaststoffen ersichtlich werden. Die Energieaufnahme, die sich im Bereich von 566 kcal bis 508 kcal (Spannweite 58 kcal) bewegte, wies auch keinen eindeutigen Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 1 auf und signifikante Unterschiede ließen sich nur für 3 unterschiedliche Tage im Vergleich mit Tag 1 darlegen. Auch die Energiedichte von

1,49 kcal/g bis 1,49 kcal/g (Spannweite 0 kcal/g) wies keine Verbindung zu den vorherigen Werten auf.

Bei der nachmittäglichen Zwischenmahlzeit 2 ergab sich eine Verzehrsmenge von 80 g bis 77 g (Spannweite 3 g). Eine Reduktion der Verzehrsmenge durch die gestiegene Verzehrsmenge zum Frühstück ließ sich lediglich für Tag 9 darlegen. Die Energieaufnahme bewegte sich im Bereich zwischen 148 kcal und 129 kcal (Spannweite 19 kcal) und zeigte ebenfalls nur für Tag 9 eine signifikant reduzierte Energieaufnahme. Die Energiedichte von 2,51 kcal/g bis 2,53 kcal/g (Spannweite 0,28 kcal/g) hingegen zeigte keinerlei Verbindung zu der an Tag 9 reduzierten Verzehrsmenge und Energieaufnahme.

Zum Abendessen belief sich die Verzehrsmenge auf 352 g bis 401 g (Spannweite 56 g) und es konnte kein Zusammenhang zu den Werten des Frühstücks ausgemacht werden. Nur ein signifikanter Unterschied von Tag 10 im Vergleich mit Tag 1 ließ die leicht steigende Verzehrsmenge erkennen. Mit einer Spannweite von 39 kcal (Bereich von 537 kcal bis 576 kcal) wies die Energieaufnahme ebenfalls einen minimalen Anstieg allerdings keine signifikanten Unterschiede auf. Die Energiedichte, die zwischen 1,72 kcal/g und 1,61 kcal /g (Spannweite 0,11 kcal/g) schwankte, konnte keinen Zusammenhang zu den vorherigen Werten aufzeigen.

Bei der spätabendlichen Zwischenmahlzeit 3 wurde weder für die Verzehrsmenge von 45 g bis 39 g (Spannweite 6 g), noch für die Energieaufnahme von 85 kcal bis 79 kcal (Spannweite 6 kcal), oder die Energiedichte von 2,70 kcal/g bis 2,93 kcal/g (Spannweite 0,23 kcal/g) ein Zusammenhang zu den Werten des Frühstücks deutlich.

3.6 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 1

Tab.9 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zur **Zwischenmahlzeit 1** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert ± SEM ; * = p < 0,05 im Vergleich zu Tag 1; a = p < 0,05 im Vergleich der benachbarten Tage. Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst Z1 g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	0,0 ± 0,0	1068,6 ± 22,5	1690,4 ± 37,9	1,64 ± 0,03	178,6 ± 8,2	354,6 ± 14,6	2,32 ± 0,06	3,9 ± 1,4	4,5 ± 1,8	1,77 ± 0,51	408,6 ± 13,3
r2	0,0 ± 0,0	1070,1 ± 21,5	1635,3 ± 34,1	1,59 ± 0,03	183,0 ± 8,5	364,3 ± 16,5	2,27 ± 0,06	8,8 ± 2,7	10,3 ± 3,0	1,70 ± 0,33	409,7 ± 13,3
r3	0,1 *a ± 0,0	1100,3 ± 24,0	1660,3 ± 37,8	1,55 * ± 0,02	181,6 ± 8,6	255,5 ± 15,8	2,26 ± 0,06	12,1 * ± 2,7	13,6 ± 3,9	1,38 ± 0,23	416,7 ± 13,8
r4	0,2 *a ± 0,0	1061,1 ± 22,5	1632,1 ± 38,4	1,59 ± 0,03	161,5 a ± 7,3	327,5 ± 13,9	2,31 ± 0,06	12,1 * ± 2,5	19,1 * ± 4,8	2,03 ± 0,31	403,5 ± 12,7
r5	0,3 *a ± 0,0	1058,2 ± 22,0	1620,7 ± 36,6	1,58 ± 0,03	169,3 ± 7,8	334,4 ± 13,7	2,32 ± 0,06	18,7 *a ± 3,2	34,6 *a ± 6,2	2,29 ± 0,23	400,1 ± 11,5
r6	0,4 *a ± 0,1	1071,6 ± 23,0	1616,3 ± 35,8	1,56 ± 0,03	175,6 ± 9,0	329,3 ± 13,9	2,23 ± 0,06	26,4 *a ± 3,9	45,1 *a ± 7,1	2,16 ± 0,19	403,7 ± 12,6
r7	0,7 *a ± 0,1	1111,1 ± 24,1	1675,7 ± 40,6	1,56 * ± 0,03	164,6 ± 7,5	329,3 ± 14,2	2,33 ± 0,06	38,5 *a ± 4,3	57,6 *a ± 7,4	1,99 ± 0,16	419,4 ± 13,0
r8	1,0 *a ± 0,1	1098,6 ± 23,4	1619,6 ± 36,7	1,54 * ± 0,03	156,0 ± 7,6	314,1 ± 14,9	2,33 ± 0,06	53,6 *a ± 5,4	78,0 *a ± 8,6	1,96 ± 0,15	392,2 a ± 11,9
r9	1,5 *a ± 0,1	1120,1 ± 23,4	1692,1 a ± 39,3	1,56 ± 0,03	155,3 ± 7,3	301,6 * ± 13,6	2,28 ± 0,06	77,8 *a ± 6,6	108,0 *a ± 11,3	1,67 ± 0,12	416,2 ± 14,2
r10	2,5 *a ± 0,2	1122,0 ± 24,1	1723,5 ± 41,7	1,58 ± 0,03	161,2 ± 7,1	309,2 ± 12,6	2,25 ± 0,06	106,5 *a ± 7,6	156,4 *a ± 12,7	1,79 ± 0,10	391,7 ± 12,9

Tab.9 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	551,6 ± 17,1	1,57 ± 0,05	71,6 ± 6,5	141,7 ± 12,3	2,54 ± 0,12	359,3 ± 12,6	538,1 ± 18,5	1,69 ± 0,05	46,7 ± 6,1	100,0 ± 13,9	2,95 ± 0,20
r2	516,0 ± 15,4	1,50 ± 0,05	71,5 ± 6,9	128,1 ± 11,5	2,49 ± 0,14	355,9 ± 12,5	536,0 ± 17,0	1,78 ± 0,05	41,1 ± 4,9	80,6 ± 9,7	2,93 ± 0,21
r3	544,4 ± 18,2	1,47 ± 0,04	66,5 ± 5,9	124,0 ± 10,7	2,45 ± 0,13	377,9 ± 14,5	546,8 ± 19,6	1,64 a ± 0,04	45,5 ± 5,8	76,1 ± 10,2	2,58 ± 0,20
r4	533,7 ± 17,0	1,51 ± 0,05	66,2 ± 6,4	121,8 ± 10,4	2,45 ± 0,12	371,8 ± 13,1	550,0 ± 20,0	1,65 ± 0,04	46,3 ± 5,7	80,2 ± 10,8	2,51 ± 0,21
r5	523,2 ± 16,1	1,48 ± 0,05	68,6 ± 6,9	127,4 ± 12,7	2,37 ± 0,13	363,3 ± 12,5	529,4 ± 17,8	1,69 ± 0,05	38,1 ± 4,8	71,5 ± 8,4	2,91 ± 0,20
r6	516,6 ± 16,9	1,44 ± 0,05	65,0 ± 6,1	117,0 ± 10,1	2,39 ± 0,13	360,2 ± 12,5	532,2 ± 17,7	1,69 ± 0,05	40,6 ± 4,7	76,2 ± 9,5	2,63 ± 0,19
r7	538,1 ± 17,9	1,43 ± 0,04	66,3 ± 6,6	122,4 ± 12,3	2,41 ± 0,13	382,1 ± 12,9	555,3 ± 19,5	1,62 ± 0,05	40,4 ± 6,0	73,1 ± 11,6	2,74 ± 0,21
r8	496,8 a ± 16,0	1,45 ± 0,05	60,2 ± 5,8	125,8 ± 11,8	2,66 ± 0,12	394,3 ± 13,4	531,7 ± 16,8	1,55 ± 0,04	42,4 ± 5,0	73,0 ± 8,5	2,82 ± 0,21
r9	536,9 ± 18,8	1,50 ± 0,05	74,4 ± 6,6	144,0 ± 12,6	2,42 ± 0,12	356,8 ± 12,1	533,1 ± 16,9	1,69 a ± 0,05	39,6 ± 5,6	68,6 ± 10,2	2,48 ± 0,20
r10	526,7 ± 17,5	1,55 ± 0,05	65,2 ± 7,3	120,9 ± 11,8	2,62 ± 0,13	353,0 ± 11,8	520,2 ± 18,9	1,64 ± 0,05	44,4 ± 5,1	90,5 a ± 11,1	2,82 ± 0,20

Die Sortierung nach den zur Zwischenmahlzeit 1 aufgenommenen Ballaststoffen bot eine Ballaststoffmenge von 0,0 g bis 2,5 g (Spannweite 2,5 g). Ein signifikanter Unterschied ab Tag 3 für den Vergleich aller Tage mit Tag 1 wurde ersichtlich.

Es wurde eine Verbindung der Ballaststoffaufnahme zu den Werten der Zwischenmahlzeit 1 demonstriert und dabei erneut der Zusammenhang von steigender Ballaststoffaufnahme mit steigender Verzehrmenge und Energieaufnahme ersichtlich. Dieser Zusammenhang wurde besonders ab Tag 5 deutlich. Eine Auswirkung auf die anderen Mahlzeiten und den gesamten Tag blieb aus

Betrachtet man den ganzen Tag, zeigte sich eine Verzehrmenge von 1069 g bis 1122 g (Spannweite 53 g), die keinen statistisch signifikanter Anstieg deutlich werden ließ. Die Energieaufnahme befand sich in einem Bereich zwischen 1690 kcal und 1724 kcal (Spannweite 34 kcal) und wies genauso wie die Energiedichte von 1,64 kcal/g bis 1,58 kcal/g (Spannweite 0,06 kcal/g) keinen Zusammenhang zu den Werten der Zwischenmahlzeit 1 auf.

Das Frühstück hatte eine Verzehrmenge von 179 g bis 161 g (Spannweite 18 g). Diese zeigte allerdings keinerlei Anstieg oder Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 1. Das gleiche galt für die Energieaufnahme von 355 kcal bis 309 kcal (Spannweite 46 kcal). Auch die Energiedichte mit einer Spannweite von 0,07 kcal/g (Bereich zwischen 2,32 kcal/g und 2,25 kcal/g) zeigte keine Verbindung zu den Werten der Zwischenmahlzeit 1.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 wurde eine Verzehrmenge von 4 g bis 107 g (Spannweite 103 g) aufgenommen. Der Anstieg der Werte war kontinuierlich und ab Tag 3 statistisch signifikant. Die Energieaufnahme mit einer Spannweite von 151 kcal (Bereich von 5 kcal bis 156 kcal) wies ebenfalls einen kontinuierlichen und statistisch signifikanten Anstieg ab Tag 4 auf. Die Energiedichte von 1,77 kcal/g bis 1,79 kcal/g (Spannweite 0,02 kcal/g) ließ keinen Zusammenhang zu den vorherigen Anstiegen erkennen.

Beim Mittagessen betrug die Spannweite der Verzehrmenge 18 g (Bereich von 409 g bis 391 g) und Die Energieaufnahme bewegte sich in einem Bereich von 552 kcal bis 527 kcal (Spannweite 25 kcal). Für keine von beiden und auch nicht für die Energiedichte von 1,57 kcal/g bis 1,55 kcal/g (Spannweite 0,02 kcal/g) ergab sich ein Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 1.

Die nachmittägliche Zwischenmahlzeit 2 enthielt eine Verzehrmenge von 72 g bis 65 g (Spannweite 7 g) und zeigte keine Verbindung zu der Zwischenmahlzeit 1. Das taten auch weder die Energieaufnahme von 142 kcal bis 121 kcal (Spannweite

21 kcal), noch die Energiedichte von 2,54 kcal/g bis 2,62 kcal/g (Spannweite 0,08 kcal/g).

Auch beim Abendessen wiesen weder die Verzehrsmenge von 359 g bis 353 g (Spannweite 6 g), noch die Energieaufnahme von 538 kcal bis 520 kcal (Spannweite 18 kcal), oder die Energiedichte von 1,69 kcal/g bis 1,64 kcal/g (Spannweite 0,05kcal/g) signifikante Unterschiede oder einen Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 1 auf.

Die Verzehrsmenge zur späten Zwischenmahlzeit 3 betrug zwischen 47 g und 44 g (Spannweite 3 g) und legte keinen Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 1 nahe. Das gleiche galt auch für die Energieaufnahme von 100 kcal bis 90 kcal (Spannweite 10 kcal) und die Energiedichte von 2,95 kcal/g bis 2,82 kcal/g (Spannweite 0,13 kcal/g).

3.7 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zum Mittagessen

Tab.10 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zum **Mittagessen** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert \pm SEM ; * = $p < 0,05$ im Vergleich zu Tag 1; a = $p < 0,05$ im Vergleich der benachbarten Tage.
Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst M g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	1,1 $\pm 0,1$	1001,2 $\pm 23,4$	1582,3 $\pm 38,9$	1,65 $\pm 0,03$	178,5 $\pm 8,4$	356,3 $\pm 16,8$	2,25 $\pm 0,06$	35,8 $\pm 4,9$	49,6 $\pm 8,1$	1,72 $\pm 0,18$	262,3 $\pm 12,0$
r2	2,1 *a $\pm 0,1$	1012,8 $\pm 21,8$	1621,6 $\pm 37,9$	1,65 $\pm 0,03$	179,7 $\pm 7,9$	347,1 $\pm 14,5$	2,25 $\pm 0,07$	40,1 $\pm 5,2$	61,9 $\pm 8,5$	2,01 $\pm 0,17$	296,6 a $\pm 11,4$
r3	3,0 *a $\pm 0,1$	1029,8 $\pm 21,8$	1615,2 $\pm 33,8$	1,64 $\pm 0,03$	174,0 $\pm 8,0$	328,4 $\pm 13,4$	2,26 $\pm 0,06$	37,0 $\pm 4,8$	59,7 $\pm 8,5$	2,00 $\pm 0,17$	334,2 *a $\pm 11,4$
r4	3,8 *a $\pm 0,1$	1044,4 $\pm 22,8$	1644,4 $\pm 37,2$	1,64 $\pm 0,03$	174,4 $\pm 8,4$	339,0 $\pm 14,3$	2,32 $\pm 0,06$	39,6 $\pm 5,4$	50,8 $\pm 7,7$	1,70 $\pm 0,18$	355,6 * $\pm 11,0$
r5	4,7 *a $\pm 0,1$	1070,8 * $\pm 23,4$	1622,6 $\pm 37,3$	1,57 a $\pm 0,03$	160,0 $\pm 8,4$	322,4 $\pm 14,9$	2,39 $\pm 0,06$	33,5 $\pm 4,3$	56,6 $\pm 8,3$	1,98 $\pm 0,16$	394,5 *a $\pm 11,5$
r6	5,6 *a $\pm 0,1$	1088,9 * $\pm 22,1$	1649,9 $\pm 38,8$	1,55 * $\pm 0,03$	164,4 $\pm 7,3$	324,8 $\pm 14,5$	2,26 a $\pm 0,06$	38,8 $\pm 5,2$	58,0 $\pm 8,7$	1,83 $\pm 0,14$	412,0 * $\pm 10,9$
r7	6,6 *a $\pm 0,2$	1101,2 * $\pm 21,6$	1695,3 * $\pm 36,1$	1,59 $\pm 0,03$	160,2 $\pm 7,7$	325,4 $\pm 14,1$	2,38 $\pm 0,06$	36,1 $\pm 5,1$	47,8 $\pm 7,3$	1,89 $\pm 0,19$	434,9 *a $\pm 10,6$
r8	7,7 *a $\pm 0,2$	1140,5 * $\pm 22,0$	1696,8 * $\pm 36,5$	1,53 * $\pm 0,03$	169,7 $\pm 7,5$	322,7 $\pm 13,7$	2,20 a $\pm 0,06$	32,9 $\pm 4,5$	46,5 $\pm 6,8$	1,74 $\pm 0,17$	485,3 *a $\pm 11,6$
r9	9,3 *a $\pm 0,2$	1186,6 *a $\pm 24,6$	1720,5 * $\pm 41,2$	1,48 *a $\pm 0,02$	163,4 $\pm 7,7$	328,5 $\pm 14,1$	2,30 $\pm 0,05$	31,2 $\pm 4,1$	44,6 $\pm 6,6$	1,97 $\pm 0,20$	506,7 * $\pm 12,1$
r10	11,8 *a $\pm 0,3$	1205,5 * $\pm 23,8$	1717,3 * $\pm 41,0$	1,45 * $\pm 0,02$	162,5 $\pm 8,0$	325,2 $\pm 13,9$	2,32 $\pm 0,05$	33,5 $\pm 4,5$	51,7 $\pm 8,6$	1,93 $\pm 0,20$	579,6 *a $\pm 14,3$

Tab.10 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	360,8 $\pm 16,5$	1,62 $\pm 0,06$	79,5 $\pm 7,6$	142,7 $\pm 12,8$	2,30 $\pm 0,12$	397,0 $\pm 13,7$	579,9 $\pm 20,5$	1,66 $\pm 0,05$	48,1 $\pm 5,2$	93,1 $\pm 10,4$	2,84 $\pm 0,21$
r2	425,1 *a $\pm 15,0$	1,70 $\pm 0,06$	68,9 $\pm 6,5$	144,3 $\pm 14,0$	2,59 $\pm 0,13$	381,8 $\pm 13,0$	557,5 $\pm 17,3$	1,68 $\pm 0,05$	45,7 $\pm 5,6$	85,7 $\pm 11,4$	2,64 a $\pm 0,20$
r3	478,4 *a $\pm 14,9$	1,72 $\pm 0,06$	82,6 $\pm 7,7$	136,2 $\pm 11,0$	2,30 $\pm 0,12$	361,8 $\pm 12,5$	535,6 $\pm 16,7$	1,68 $\pm 0,05$	40,3 $\pm 4,7$	76,9 $\pm 9,0$	2,87 $\pm 0,19$
r4	498,1 * $\pm 15,3$	1,61 $\pm 0,05$	63,6 $\pm 5,7$	131,2 $\pm 11,9$	2,59 $\pm 0,13$	362,7 $\pm 12,2$	541,1 $\pm 17,9$	1,69 $\pm 0,05$	48,8 $\pm 7,2$	84,4 $\pm 12,9$	2,70 $\pm 0,21$
r5	506,1 * $\pm 14,3$	1,46 *a $\pm 0,04$	56,4 * $\pm 6,2$	97,4 *a $\pm 9,5$	2,54 $\pm 0,14$	381,9 $\pm 12,8$	549,3 $\pm 19,0$	1,60 $\pm 0,04$	44,5 $\pm 5,6$	90,9 $\pm 12,0$	2,69 $\pm 0,18$
r6	540,8 *a $\pm 15,0$	1,45 * $\pm 0,04$	67,5 $\pm 6,5$	124,1 a $\pm 11,0$	2,47 $\pm 0,12$	370,1 $\pm 13,2$	521,2 $\pm 18,5$	1,60 $\pm 0,05$	36,1 $\pm 4,8$	81,0 $\pm 12,7$	2,86 $\pm 0,22$
r7	585,2 *a $\pm 14,7$	1,51 $\pm 0,04$	56,7 $\pm 5,7$	119,9 $\pm 12,0$	2,67 $\pm 0,13$	367,4 $\pm 12,3$	540,2 $\pm 18,7$	1,66 $\pm 0,05$	45,9 $\pm 5,5$	76,7 $\pm 10,4$	2,38 a $\pm 0,19$
r8	612,2 * $\pm 17,2$	1,38 *a $\pm 0,04$	64,1 $\pm 5,6$	125,8 $\pm 10,9$	2,49 $\pm 0,13$	354,7 $\pm 12,3$	526,7 $\pm 17,7$	1,73 $\pm 0,05$	33,7 a $\pm 4,5$	63,0 $\pm 8,3$	2,93 a $\pm 0,21$
r9	601,4 * $\pm 16,9$	1,29 * $\pm 0,04$	73,6 $\pm 6,8$	134,5 $\pm 12,1$	2,40 $\pm 0,12$	371,5 $\pm 13,6$	541,3 $\pm 19,2$	1,65 $\pm 0,05$	40,1 $\pm 5,3$	70,4 $\pm 8,8$	2,81 $\pm 0,21$
r10	676,2 *a $\pm 21,9$	1,22 * $\pm 0,03$	62,7 $\pm 6,2$	117,1 $\pm 10,7$	2,49 $\pm 0,13$	325,6 *a $\pm 12,3$	480,0 *a $\pm 16,6$	1,73 $\pm 0,05$	41,7 $\pm 5,1$	67,6 $\pm 7,7$	2,73 $\pm 0,21$

Nach der Sortierung in Abhängigkeit der zum Mittagessen verzehrte Ballaststoffe zeigte sich eine Ballaststoffmenge von 1,1 g bis 11,8 g (Spannweite 10,7 g). Ein signifikanter Unterschied wurde für alle Tage ab Tag 2 im Vergleich mit Tag 1 ersichtlich.

Die Sortierung nach der mittäglichen Ballaststoffmenge wies vor allem einen starken Zusammenhang zu den Werten des Mittagessens auf. Ein Zusammenhang zwischen steigender Ballaststoffmenge und damit steigender Verzehrsmenge und Energieaufnahme konnte auch hier festgestellt werden. Es war aber auch zu erkennen, dass die Energieaufnahme in Bezug auf die Verzehrsmenge nicht immer übereinstimmte, sondern dass geringere Verzehrsmengen auch größere Energieaufnahmen und umgekehrt bedeuten können.

Die mittägliche Ballaststoffaufnahme spiegelte sich auch in der Tagesbilanz wider. Für den gesamten Tag ergab sich eine Verzehrsmenge von 1001 g bis 1206 g (Spannweite 205 g). Ein kontinuierlicher, mit der Ballaststoffmenge in Verbindung stehender Anstieg führte zu signifikanten Unterschieden ab Tag 5. Die Energieaufnahme bewegte sich zwischen 1582 kcal und 1717 kcal (Spannweite 135 kcal) und es zeigte sich ein nicht ganz kontinuierlich verlaufender Anstieg, der ab Tag 7 statistisch signifikant war. Die Energiedichte von 1,65 kcal/g bis 1,45 kcal/g (Spannweite 0,20 kcal/g) wies einen unkontinuierlichen Abfall auf, der erst ab Tag 8 statistisch signifikant wurde.

Der Ballaststoffmenge des Mittagessens wirkte sich kaum auf die anderen Mahlzeiten aus. Beim Frühstück ergab sich eine Verzehrsmenge von 179 g bis 162 g (Spannweite 16 g). Die Energieaufnahme belief sich auf 356 kcal bis 325 kcal (Spannweite 31 kcal) und die Energiedichte schwankte zwischen 2,25 kcal/g und 2,32 kcal/g (Spannweite 0,07 kcal/g). Ein Anstieg der Werte ließ sich nirgends verzeichnen und es war auch kein Zusammenhang zu den Werten des Mittagessens zu erkennen.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 belief sich die Verzehrsmenge auf 36 g bis 34 g (Spannweite 2 g). Der Bereich zwischen 50 kcal und 52 kcal (Spannweite 2 kcal) war für die Energieaufnahme kennzeichnend und die Energiedichte von 1,72 kcal/g bis 1,93 kcal/g hatte eine Spannweite von 0,21 kcal/g. Für keine der 3 Kategorien ließ sich ein Zusammenhang zu den Werten des Mittagessens oder ein signifikanter Unterschied darlegen.

Das Mittagessen wies eine Verzehrsmenge von 262 g bis 580 g (Spannweite 318 g) und es zeigte sich ein kontinuierliches ab Tag 3 statistisch signifikantes Ansteigens der Werte. Die Energieaufnahme bewegte sich in einem Bereich von 361 kcal und 676 kcal (Spannweite 315 kcal). Auch hier konnte bei einem beinahe kontinuierlichen Anstieg

ein signifikanter Unterschied für alle Tage ab Tag 2 deutlich werden. Die Energiedichte von 1,62 kcal/g bis 1,22 kcal/g (Spannweite 0,40 kcal/g) wies einen nicht ganz kontinuierlichen Abfall auf, der bis auf einen Ausreißer ab Tag 5 statistisch signifikant war.

Bei der nachmittäglichen Zwischenmahlzeit 2 ergab sich eine Verzehrsmenge von 80 g bis 63 g (Spannweite 17 g). Ein Zusammenhang zu den Werten des Mittagessens konnte nicht ersichtlich werden und ein signifikanter Unterschied im Vergleich zu Tag 1 ergab sich lediglich für Tag 5. Die Energieaufnahme lag zwischen 143 kcal und 117 kcal (Spannweite 26 kcal) und auch hier ließ sich kein Zusammenhang zum Mittagessen erkennen. Ein signifikanter Unterschied im Vergleich zu Tag 1 wurde ebenfalls nur für Tag 5 demonstriert. Auch die Energiedichte von 2,30 kcal/g bis 2,49 kcal/g (Spannweite 0,19 kcal/g) zeigte keine Verbindung zu den vorherigen Werten.

Das Abendessen wies eine Verzehrsmenge von 397 g bis 326 g (Spannweite 71 g) auf. Die Energieaufnahme bewegte sich zwischen 580 kcal und 480 kcal (Spannweite 100 kcal). Zwar konnte die geringste Verzehrsmenge und Energieaufnahme des Mittagessens mit der größten Verzehrsmenge und Energieaufnahme des Abendessens und die größte Verzehrsmenge und Energieaufnahme des Mittagessens mit der geringsten Verzehrsmenge und Energieaufnahme des Abendessens in Verbindung gesetzt werden. Allerdings zeigten die Werte des Abendessens dazwischen keinen Zusammenhang zu den Werten des Mittagessens. So konnte nur für den jeweiligen Tag 10 im Vergleich zu Tag 1 ein signifikanter Unterschied der Verzehrsmenge und Energieaufnahme deutlich werden. Die Energiedichte von 1,66 kcal/g bis 1,73 kcal/g (Spannweite 0,07 kcal/g) wies keinen Zusammenhang zu den vorherigen Werten oder einen statistisch signifikanten Unterschied auf.

Zur späten Zwischenmahlzeit 3 wurde weder für die Verzehrsmenge von 48 g bis 42 g (Spannweite 6 g), noch für die Energieaufnahme von 93 kcal bis 68 kcal (Spannweite 7 kcal) oder die Energiedichte von 2,84 kcal/g bis 2,73 kcal/g (Spannweite 0,11 kcal/g) ein Zusammenhang zum Mittagessen oder ein statistisch signifikanter Unterschied im Vergleich mit Tag 1 ersichtlich.

3.8 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 2

Tab.11 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zur **Zwischenmahlzeit 2** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert ± SEM ; * = p < 0,05 im Vergleich zu Tag 1; a = p < 0,05 im Vergleich der benachbarten Tage. Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst Z2 g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	0,0 ± 0,0	1063,0 ± 22,5	1652,3 ± 39,1	1,61 ± 0,03	177,5 ± 8,3	355,3 ± 14,1	2,36 ± 0,06	35,4 ± 4,8	61,3 ± 9,0	2,12 ± 0,19	423,0 ± 13,8
r2	0,1 *a ± 0,0	1069,0 ± 22,0	1598,9 ± 34,3	1,56 ± 0,03	180,4 ± 8,9	345,6 ± 16,0	2,23 a ± 0,06	37,7 ± 4,7	52,0 ± 7,6	1,70 ± 0,17	418,0 ± 12,5
r3	0,2 *a ± 0,0	1086,7 ± 23,7	1616,4 ± 35,4	1,55 ± 0,03	178,6 ± 8,0	345,1 ± 14,8	2,26 ± 0,06	36,4 ± 5,0	52,5 ± 7,7	1,95 ± 0,18	418,9 ± 13,7
r4	0,3 *a ± 0,1	1019,8 a ± 21,3	1581,3 ± 37,3	1,60 ± 0,03	163,2 ± 6,9	326,6 ± 13,5	2,26 ± 0,06	34,7 ± 4,6	48,6 ± 6,8	1,83 ± 0,18	400,5 ± 12,7
r5	0,6 *a ± 0,1	1071,0 a ± 22,8	1632,5 ± 39,9	1,57 ± 0,03	158,3 ± 7,4	328,6 ± 13,8	2,41 a ± 0,06	34,0 ± 4,8	48,6 ± 8,2	1,78 ± 0,16	424,1 ± 13,0
r6	0,8 *a ± 0,1	1067,5 ± 21,9	1614,1 ± 38,0	1,56 ± 0,03	166,1 ± 8,3	326,3 ± 15,4	2,28 ± 0,06	38,1 ± 4,9	56,3 ± 8,2	1,88 ± 0,17	403,3 ± 13,0
r7	1,2 *a ± 0,1	1072,4 ± 23,7	1632,5 ± 38,4	1,58 ± 0,03	167,4 ± 7,8	329,8 ± 14,4	2,28 ± 0,06	32,3 ± 4,6	50,6 ± 7,6	2,13 ± 0,19	394,5 ± 12,4
r8	1,7 *a ± 0,1	1107,5 ± 22,3	1697,9 ± 38,3	1,59 ± 0,03	169,0 ± 8,2	323,8 ± 14,3	2,24 ± 0,06	37,3 ± 4,8	63,6 ± 9,6	1,96 ± 0,17	374,4 * ± 12,0
r9	2,6 *a ± 0,1	1164,5 *a ± 24,5	1782,2 *a ± 37,0	1,58 ± 0,02	166,8 ± 7,5	326,9 ± 14,4	2,28 ± 0,06	35,2 ± 4,9	48,9 ± 7,7	1,82 ± 0,17	416,8 a ± 13,3
r10	4,1 *a ± 0,2	1160,3 * ± 24,8	1757,8 ± 40,2	1,57 ± 0,03	159,5 ± 7,8	311,8 * ± 13,7	2,31 ± 0,06	37,3 ± 5,3	44,8 ± 6,6	1,59 ± 0,16	388,1 a ± 12,7

Tab.11 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	569,7 ± 19,4	1,52 ± 0,05	15,2 ± 2,8	25,9 ± 4,9	2,14 ± 0,24	361,2 ± 12,5	543,9 ± 17,3	1,75 ± 0,05	50,7 ± 6,2	96,1 ± 12,0	2,76 ± 0,19
r2	551,2 ± 15,8	1,56 ± 0,05	21,0 ± 3,8	37,1 ± 6,3	2,35 ± 0,23	369,9 ± 12,9	534,7 ± 16,8	1,71 ± 0,05	42,0 ± 4,9	78,3 ± 9,4	2,87 ± 0,21
r3	549,7 ± 17,9	1,50 ± 0,05	27,3 ± 4,7	56,2 * ± 8,3	2,81 ± 0,19	381,3 ± 12,8	546,5 ± 17,6	1,64 ± 0,05	44,1 ± 5,4	66,4 ± 8,6	2,44 ± 0,20
r4	520,3 ± 16,6	1,50 ± 0,05	31,7 * ± 3,9	66,7 * ± 7,8	2,70 ± 0,16	354,3 a ± 12,3	539,2 ± 19,0	1,69 ± 0,05	35,7 ± 4,5	80,3 ± 11,0	3,18 a ± 0,22
r5	545,9 ± 18,5	1,48 ± 0,05	40,6 *a ± 4,4	83,8 *a ± 8,1	2,70 ± 0,13	369,8 ± 12,9	544,0 ± 19,3	1,65 ± 0,05	44,3 ± 5,9	81,6 ± 9,9	3,03 ± 0,20
r6	512,6 ± 16,9	1,43 ± 0,04	59,1 *a ± 5,6	120,4 *a ± 10,2	2,79 ± 0,13	363,7 ± 12,2	533,8 ± 18,7	1,68 ± 0,05	37,2 ± 4,6	64,8 ± 8,7	2,41 ± 0,20
r7	513,7 ± 17,2	1,45 ± 0,04	69,7 *a ± 6,1	138,9 *a ± 10,0	2,69 ± 0,12	362,3 ± 12,2	519,8 ± 18,1	1,61 ± 0,05	46,0 ± 6,4	79,9 ± 11,8	2,53 ± 0,21
r8	494,2 * ± 16,5	1,53 ± 0,05	103,0 *a ± 7,4	194,3 *a ± 14,0	2,41 a ± 0,11	382,3 ± 13,7	541,5 ± 19,1	1,61 ± 0,05	41,5 ± 4,8	80,8 ± 10,3	2,87 ± 0,21
r9	529,0 ± 15,8	1,43 ± 0,04	134,1 *a ± 7,7	254,5 *a ± 13,7	2,41 ± 0,09	366,6 ± 13,3	538,7 ± 18,0	1,67 ± 0,05	45,0 ± 6,2	84,3 ± 11,3	2,67 ± 0,19
r10	497,9 * ± 15,8	1,52 ± 0,05	173,8 *a ± 8,6	295,4 *a ± 15,7	2,08 a ± 0,09	363,1 ± 13,5	530,7 ± 18,8	1,65 ± 0,05	38,4 ± 4,7	77,1 ± 11,4	2,63 ± 0,20

Nach der Sortierung in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 2 bewegte sich die Ballaststoffmenge zwischen 0,0 g und 4,1 g (Spannweite 4,1 g) und es wurde ein statistisch signifikanter Anstieg deutlich.

Ein Zusammenhang in Bezug auf den gesamten Tag konnte nicht gezeigt werden. Für selbigen ergab sich eine Verzehrsmenge von 1063 g bis 1160 g (Spannweite 97g) und ein Anstieg der Werte wurde erst bei den letzten 2 Tagen ersichtlich. Ähnlich verhielt es sich mit der Energieaufnahme von 1652 kcal bis 1758 kcal (Spannweite 106 kcal). Hier zeigte sich allerdings nur ein signifikanter Unterschied für Tag 9 im Vergleich mit Tag 1. Die Energiedichte wies mit Werten von 1,61 kcal/g bis 1,57 kcal/g (Spannweite 0,04 kcal/g) keine Verbindung zu den vorherigen Werten auf.

Ein Einfluss auf die anderen Mahlzeiten, wie das Frühstück war nicht ersichtlich. Die Verzehrsmenge belief sich hierbei auf 178 g bis 160 g (Spannweite 18 g) und die Energieaufnahme bewegte sich zwischen 355 kcal und 312 kcal (Spannweite 43 kcal). Zwar konnte hier ein signifikanter Unterschied zwischen Tag 10 und Tag 1 gezeigt werden, doch die anderen Werte ließen auf keinen Zusammenhang zu den Werten der Zwischenmahlzeit 2 schließen. Auch die Energiedichte von 2,36 kcal/g bis 2,31 kcal/g (Spannweite 0,05 kcal/g) wies keine Verbindung dazu auf.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 ergab sich eine Verzehrsmenge von 35 g bis 37 g (Spannweite 2 g), eine Energieaufnahme von 61 kcal bis 45 kcal (Spannweite 16 kcal) und eine Energiedichte von 2,12 kcal/g bis 1,59 kcal/g (Spannweite 0,53 kcal/g). Es wurde weder ein signifikanter Unterschied, noch ein Zusammenhang zur verzehrten Ballaststoffmenge oder der Zwischenmahlzeit 2 sichtbar.

Das Mittagessen wies eine Verzehrsmenge von 423 g bis 388 g (Spannweite 35 g) auf, zeigte jedoch keinen Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 2. Die Energieaufnahme von 570 kcal bis 500 kcal (Spannweite 70 kcal) wies zwar einen signifikanten Unterschied für Tag 8 und Tag 10 im Vergleich mit Tag 1 auf. Ansonsten ließ sich aber kein Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 2 erkennen. Die Energiedichte mit einer Spannweite von 0 kcal/g (Bereich zwischen 1,52 kcal/g und 1,52 kcal/g) zeigte keinerlei signifikante Unterschiede auf.

Bei der nachmittäglichen Zwischenmahlzeit 2 verlief sowohl der Anstieg der Verzehrsmenge von 15 g auf 174 g (Spannweite 159 g), als auch der Anstieg der Energieaufnahme von 26 kcal auf 295 kcal (Spannweite 269 kcal) fortlaufend, statistisch signifikant und zeigte einen positiven Zusammenhang mit dem Anstieg der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 2. Die Energiedichte von 2,14 kcal/g bis 2,08 kcal/g (Spannweite 0,06 kcal/g) zeigte jedoch keine Verbindung zu den vorherigen Werten.

Beim Abendessen betrug die Verzehrsmenge 361 g bis 363 g (Spannweite 2 g). und die Energieaufnahme 544 kcal bis 531 kcal (Spannweite 13 kcal). Für keine ließ sich ein Zusammenhang zur vorherigen Mahlzeit erkennen. Das galt auch für die Energiedichte von 1,75 kcal/g bis 1,65 kcal/g (Spannweite 0,10 kcal/g).

Zur späten Zwischenmahlzeit 3 ergab sich eine Verzehrsmenge von 51 g bis 38 g (Spannweite 13 g) und eine Energieaufnahme von 96 kcal bis 77 kcal (Spannweite 19 kcal). Es konnte weder für die Verzehrsmenge noch für die Energieaufnahme ein Bezug zur Zwischenmahlzeit 2 hergestellt werden und auch die Energiedichte von 2,76 kcal/g bis 2,63 kcal/g (Spannweite 0,13 kcal/g) wies keinerlei Zusammenhang zu den vorherigen Werten auf.

3.9 Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zum Abendessen

Tab.12 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zum **Abendessen** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert ± SEM ; * = p < 0,05 im Vergleich zu Tag 1; a = p < 0,05 im Vergleich der benachbarten Tage. Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst A g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	1,4 ± 0,1	985,8 ± 22,8	1559,0 ± 40,9	1,64 ± 0,03	170,8 ± 7,3	348,3 ± 15,5	2,31 ± 0,06	35,3 ± 4,7	51,6 ± 7,5	1,84 ± 0,16	414,0 ± 13,3
r2	2,5 *a ± 0,1	997,7 ± 20,9	1556,5 ± 33,8	1,63 ± 0,03	164,2 ± 7,4	328,6 ± 13,5	2,30 ± 0,05	39,3 ± 5,3	56,1 ± 8,3	1,85 ± 0,17	405,5 ± 11,8
r3	3,3 *a ± 0,1	1035,6 ± 22,7	1575,7 ± 34,3	1,58 ± 0,03	172,4 ± 9,6	339,9 ± 14,1	2,31 ± 0,06	34,0 ± 4,5	41,9 ± 7,2	1,63 ± 0,18	422,0 ± 13,2
r4	4,1 *a ± 0,1	1069,8 * ± 21,7	1647,8 a ± 35,6	1,59 ± 0,03	169,1 ± 8,1	323,9 ± 13,7	2,29 ± 0,06	36,6 ± 4,9	56,6 ± 7,9	1,97 ± 0,16	431,1 ± 13,3
r5	4,8 *a ± 0,1	1068,9 * ± 22,7	1637,2 ± 38,5	1,57 ± 0,03	165,9 ± 8,1	319,4 ± 14,6	2,25 ± 0,06	36,7 ± 5,2	51,7 ± 8,0	2,04 ± 0,19	404,4 ± 12,6
r6	5,7 *a ± 0,2	1103,5 * ± 21,4	1704,8 *a ± 38,8	1,59 ± 0,03	166,3 ± 7,3	341,6 ± 15,0	2,33 ± 0,06	39,9 ± 5,3	62,3 ± 9,0	2,02 ± 0,18	406,6 ± 12,7
r7	6,6 *a ± 0,2	1102,6 * ± 22,2	1672,1 * ± 36,8	1,57 ± 0,03	161,0 ± 7,8	328,9 ± 14,9	2,36 ± 0,06	37,9 ± 4,7	57,8 ± 9,1	1,89 ± 0,17	402,1 ± 12,5
r8	7,7 *a ± 0,2	1146,7 *a ± 22,9	1682,9 * ± 34,3	1,52 * ± 0,02	170,2 ± 7,9	337,6 ± 15,5	2,26 ± 0,06	29,8 ± 4,0	40,2 ± 6,1	1,61 ± 0,17	396,1 ± 12,9
r9	9,1 *a ± 0,2	1151,4 * ± 25,2	1734,9 * ± 41,1	1,55 ± 0,03	171,7 ± 8,2	336,7 ± 14,6	2,30 ± 0,06	30,5 ± 4,1	51,3 ± 7,7	1,95 ± 0,18	394,0 ± 13,5
r10	11,6 *a ± 0,3	1219,7 *a ± 24,5	1795,0 * ± 42,3	1,51 * ± 0,03	175,3 ± 8,5	314,9 ± 12,6	2,19 ± 0,06	38,5 ± 5,3	57,7 ± 8,1	1,96 ± 0,17	385,7 ± 13,4

Tab.12 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	534,1 ± 18,1	1,47 ± 0,05	76,6 ± 7,0	160,5 ± 13,6	2,48 ± 0,10	251,6 ± 11,4	392,7 ± 18,2	1,84 ± 0,06	37,7 ± 5,2	72,1 ± 10,4	2,87 ± 0,21
r2	546,1 ± 15,4	1,53 ± 0,04	66,8 ± 6,1	133,9 ± 12,1	2,58 ± 0,12	279,5 ± 11,0	424,0 ± 15,2	1,78 ± 0,05	42,6 ± 5,2	67,9 ± 8,7	2,58 ± 0,21
r3	532,3 ± 16,2	1,44 a ± 0,04	66,8 ± 6,3	124,1 ± 10,9	2,54 ± 0,13	300,4 *a ± 10,4	457,5 *a ± 14,3	1,79 ± 0,05	40,1 ± 5,6	80,0 ± 10,8	3,05 ± 0,21
r4	549,8 ± 18,1	1,44 ± 0,04	70,3 ± 6,5	135,5 ± 12,2	2,41 ± 0,12	321,3 *a ± 10,6	506,4 *a ± 16,1	1,78 ± 0,05	41,5 ± 5,1	75,6 ± 8,9	2,78 ± 0,20
r5	537,5 ± 18,7	1,49 ± 0,05	67,1 ± 6,6	115,2 * ± 10,3	2,35 ± 0,13	351,3 *a ± 11,2	534,3 * ± 17,1	1,70 ± 0,05	43,5 ± 4,8	79,1 ± 9,5	2,67 ± 0,21
r6	517,6 ± 15,8	1,47 ± 0,05	73,4 ± 7,2	138,2 ± 12,7	2,45 ± 0,12	373,7 *a ± 11,1	563,2 * ± 17,5	1,65 ± 0,05	43,5 ± 5,3	81,8 ± 11,4	2,78 ± 0,21
r7	512,2 ± 15,7	1,48 ± 0,05	64,8 ± 6,0	126,9 ± 11,0	2,64 ± 0,13	395,8 * ± 12,6	566,4 * ± 17,1	1,61 * ± 0,04	40,9 ± 6,0	79,8 ± 12,1	2,73 ± 0,19
r8	521,8 ± 17,3	1,54 ± 0,05	64,0 ± 6,5	114,1 * ± 10,8	2,53 ± 0,14	439,5 *a ± 13,6	599,2 * ± 17,5	1,51 *a ± 0,04	47,2 ± 5,3	70,0 ± 8,1	2,20 a ± 0,18
r9	508,4 ± 18,2	1,48 ± 0,05	64,4 ± 7,0	113,6 * ± 11,9	2,44 ± 0,15	452,1 * ± 13,7	643,2 *a ± 20,2	1,54 * ± 0,04	38,8 ± 4,5	82,1 ± 10,3	2,86 a ± 0,20
r10	524,1 ± 17,2	1,58 ± 0,05	61,4 ± 5,8	111,2 * ± 10,2	2,35 ± 0,14	509,6 *a ± 13,6	685,9 *a ± 21,1	1,46 * ± 0,04	49,2 ± 6,7	101,4 ± 13,6	2,94 ± 0,19

In Bezug auf die Sortierung nach den zum Abendessen aufgenommenen Ballaststoffen ergab sich eine Ballaststoffmenge von 1,4 g bis 11,6 g (Spannweite 10,2 g). Es ließ sich ein signifikanter Unterschied für alle Tage ab Tag 2 im Vergleich mit Tag 1 demonstrieren.

Mit Blick auf den ganzen Tag ließ sich ein Einfluss der Werte des Abendessens erkennen. Die Verzehrsmenge lag bei 986 g bis 1220 g (Spannweite 234 g) und es konnte ein nicht ganz glatt verlaufender, aber deutlicher und ab Tag 4 statistisch signifikanter Anstieg gezeigt werden. Die Energieaufnahme bot eine Spannweite von 236 kcal (Bereich zwischen 1559 kcal und 1795 kcal) und auch hier wurde ein nicht komplett kontinuierlicher, aber ab Tag 6 statistisch signifikanter Anstieg deutlich. Die Energiedichte mit Werten von 1,64 kcal/g bis 1,51 kcal/g (Spannweite 0,13 kcal/g) demonstrierte einen geringen nicht ganz kontinuierlich verlaufenden Abfall.

Beim Frühstück belief sich die Verzehrsmenge auf 171 g bis 175 g (Spannweite 4 g), die Energieaufnahme auf 348 kcal bis 315 kcal (Spannweite 33 kcal) und die Energiedichte auf 2,31 kcal/g bis 2,19 kcal/g (Spannweite 0,12 kcal/g). Für keine der 3 Kategorien wurde ein Zusammenhang zu den Werten des Abendessens sichtbar.

Zur vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 befand sich die Verzehrsmenge bei 35 g bis 39 g (Spannweite 4 g) und die Energieaufnahme bei 52 kcal bis 58 kcal (Spannweite 6 kcal). Für keine der Beiden ließ sich ein Bezug zu den Werten des Abendessens herstellen. Auch die Energiedichte von 1,84 kcal/g bis 1,96 kcal/g (Spannweite 0,12 kcal/g) wies keine Verbindung zum Abendessen auf.

Das Mittagessen zeigte eine Verzehrsmenge von 414 g bis 386 g (Spannweite 28 g). Eine minimale Verringerung der Verzehrsmenge, allerdings ohne statistische Signifikanz war zu erkennen. Die Energieaufnahme betrug 534 kcal bis 524 kcal (Spannweite 10 kcal) und die Energiedichte 1,47 kcal/g bis 1,58 kcal/g (Spannweite 0,11 kcal/g). Beide ließen keine Verbindung zu den Werten des Abendessens erkennen.

Bei der nachmittäglichen Zwischenmahlzeit 2 entsprach die Verzehrsmenge 77 g bis 61 g (Spannweite 16 g). Ein leichtes Absinken der Werte, wiederum ohne statistische Signifikanz konnte auch hier beobachtet werden. Die Energieaufnahme von 161 kcal bis 111 kcal (Spannweite 50 kcal) wies einen ab Tag 8 statistisch signifikanten Abfall der Werte auf. Ein Zusammenhang der Energiedichte von 2,48 kcal/g bis 2,35 kcal/g (Spannweite 0,13 kcal/g) zu den vorherigen Werten war jedoch nicht zu erkennen.

Das Abendessen belief sich auf eine Verzehrsmenge von 252 g bis 510 g (Spannweite 258 g) und konnte einen kontinuierlichen und ab Tag 3 statistisch signifikanten Anstieg erkennen lassen. Das Gleiche galt auch für die Energieaufnahme von 393 kcal bis

686 kcal (Spannweite 293 kcal). Die Energiedichte von 1,84 kcal/g bis 1,46 kcal/g (Spannweite 0,38 kcal/g) wies einen nicht ganz kontinuierlichen Abfall mit statistisch signifikanten Unterschieden ab Tag 7 auf.

Bei der späten Zwischenmahlzeit 3 betrug die Verzehrsmenge 38 g bis 49 g (Spannweite 11 g) und die Energieaufnahme 72 kcal bis 101 kcal (Spannweite 29 kcal/g). Ein Zusammenhang zum Abendessen wurde nicht ersichtlich und auch die Energiedichte von 2,87 kcal/g bis 2,94 kcal/g (Spannweite 0,07 kcal/g) zeigte keine Verbindung zu den vorherigen Werten.

3.10. Sortierung der Tage nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 3

Tab.13 Verzehrmenge (g), Energieaufnahme (kcal) und Energiedichte (kcal/g) der einzelnen Mahlzeiten und des ganzen Tages in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme zur **Zwischenmahlzeit 3** (g) bei 292 Adipösen. (Mittelwert \pm SEM ; * = $p < 0,05$ im Vergleich zu Tag 1; a = $p < 0,05$ im Vergleich der benachbarten Tage. Ball = Ballaststoffe; F = Frühstück; Z1 = Zwischenmahlzeit 1; M = Mittagessen; Z2 = Zwischenmahlzeit 2; A = Abendessen; Z3 = Zwischenmahlzeit 3; T = gesamter Tag)

Tage	Bst Z3 g	T g	T kcal	T kcal/g	F g	F kcal	F kcal/g	Z1 g	Z1 kcal	Z1 kcal/g	M g
r1	0,0 \pm 0,0	1056,9 \pm 22,4	1630,4 \pm 35,3	1,61 \pm 0,03	178,3 \pm 8,6	351,8 \pm 14,8	2,35 \pm 0,06	35,6 \pm 4,9	50,7 \pm 7,4	1,81 \pm 0,16	398,5 \pm 12,8
r2	0,0 \pm 0,0	1062,8 \pm 21,7	1612,5 \pm 36,1	1,57 \pm 0,03	168,2 \pm 8,3	336,7 \pm 15,8	2,32 \pm 0,06	38,0 \pm 4,9	57,7 \pm 7,8	2,05 \pm 0,18	419,6 \pm 13,1
r3	0,1 * \pm 0,0	1080,9 \pm 22,5	1617,5 \pm 34,1	1,55 \pm 0,02	172,0 \pm 8,0	337,1 \pm 14,5	2,27 \pm 0,06	38,0 \pm 4,8	50,5 \pm 7,1	1,71 a \pm 0,17	409,3 \pm 13,5
r4	0,1 *a \pm 0,0	1067,1 \pm 22,8	1619,8 \pm 36,7	1,58 \pm 0,03	166,6 \pm 7,2	322,9 \pm 12,4	2,28 \pm 0,06	34,9 \pm 4,9	54,3 \pm 7,8	2,09 \pm 0,19	417,7 \pm 12,5
r5	0,2 *a \pm 0,0	1066,2 \pm 23,2	1599,1 \pm 39,0	1,55 \pm 0,03	163,5 \pm 7,6	322,4 \pm 14,2	2,30 \pm 0,06	35,0 \pm 4,8	50,9 \pm 8,3	1,83 \pm 0,18	428,7 \pm 13,6
r6	0,4 *a \pm 0,1	1086,5 \pm 24,8	1628,1 \pm 36,8	1,56 \pm 0,03	172,2 \pm 8,1	335,2 \pm 14,5	2,28 \pm 0,06	35,8 \pm 5,0	52,0 \pm 8,0	1,76 \pm 0,17	397,2 a \pm 13,1
r7	0,6 *a \pm 0,1	1068,0 \pm 22,4	1652,1 \pm 39,0	1,60 \pm 0,03	166,0 \pm 7,9	334,0 \pm 15,5	2,31 \pm 0,06	28,9 \pm 4,5	45,6 \pm 8,2	1,91 \pm 0,18	396,2 \pm 12,2
r8	1,0 *a \pm 0,1	1099,7 \pm 23,3	1668,4 \pm 39,6	1,57 \pm 0,03	167,3 \pm 8,0	329,8 \pm 15,5	2,24 \pm 0,06	34,9 \pm 4,8	54,1 \pm 8,2	2,01 \pm 0,18	388,5 \pm 12,7
r9	1,7 *a \pm 0,2	1127,8 * \pm 21,9	1745,7 *a \pm 39,3	1,59 \pm 0,03	166,8 \pm 7,3	328,0 \pm 13,7	2,29 \pm 0,06	36,0 \pm 4,9	52,3 \pm 8,7	1,74 \pm 0,16	405,8 \pm 13,0
r10	3,1 *a \pm 0,2	1165,7 * \pm 25,0	1792,4 * \pm 42,0	1,59 \pm 0,03	165,7 \pm 8,2	322,0 \pm 13,4	2,28 \pm 0,05	41,4 \pm 4,9	59,0 \pm 7,8	1,88 \pm 0,17	400,1 \pm 12,8

Tab.13 Fortsetzung

Tage	M kcal	M kcal/g	Z2 g	Z2 kcal	Z2 kcal/g	A g	A kcal	A kcal/g	Z3 g	Z3 kcal	Z3 kcal/g
r1	525,9 \pm 16,4	1,54 \pm 0,05	77,1 \pm 7,1	146,5 \pm 13,4	2,43 \pm 0,12	350,1 \pm 12,3	522,7 \pm 18,1	1,69 \pm 0,05	17,4 \pm 3,4	32,9 \pm 6,8	2,44 \pm 0,26
r2	534,5 \pm 16,5	1,46 \pm 0,05	63,6 \pm 5,5	121,1 \pm 11,0	2,50 \pm 0,14	356,5 \pm 13,1	539,5 \pm 18,6	1,74 \pm 0,05	16,8 \pm 3,0	22,9 \pm 4,5	1,79 \pm 0,24
r3	533,2 \pm 16,3	1,51 \pm 0,05	69,3 \pm 6,6	134,4 \pm 12,5	2,55 \pm 0,13	374,0 \pm 12,9	533,0 \pm 18,1	1,61 \pm 0,05	18,4 \pm 3,4	29,3 \pm 5,3	2,34 \pm 0,26
r4	560,4 \pm 18,5	1,52 \pm 0,05	71,2 \pm 6,8	122,1 \pm 11,0	2,42 \pm 0,14	355,6 \pm 12,0	523,9 \pm 18,3	1,66 \pm 0,05	21,1 \pm 3,7	36,1 \pm 6,3	2,55 \pm 0,26
r5	528,5 \pm 18,8	1,40 a \pm 0,05	63,4 \pm 6,3	118,3 \pm 10,6	2,40 \pm 0,12	353,2 \pm 12,4	531,9 \pm 17,7	1,74 \pm 0,05	22,4 \pm 3,6	47,2 \pm 6,6	3,06 \pm 0,22
r6	504,5 \pm 16,9	1,44 \pm 0,05	75,0 \pm 6,9	142,8 \pm 12,8	2,48 \pm 0,13	378,1 \pm 14,3	537,7 \pm 19,3	1,65 \pm 0,05	28,2 \pm 3,6	55,9 \pm 7,3	3,01 \pm 0,24
r7	539,6 \pm 17,2	1,55 \pm 0,05	59,7 a \pm 5,8	126,6 \pm 11,8	2,61 \pm 0,13	375,7 \pm 12,8	535,1 \pm 18,4	1,63 \pm 0,05	41,5 *a \pm 4,9	71,3 *a \pm 8,4	2,85 \pm 0,19
r8	504,2 \pm 16,6	1,54 \pm 0,05	61,8 \pm 6,3	115,8 \pm 10,5	2,53 \pm 0,12	389,2 \pm 13,0	555,2 \pm 19,0	1,58 \pm 0,04	58,0 *a \pm 5,8	109,7 *a \pm 10,7	2,91 \pm 0,17
r9	541,5 \pm 18,7	1,49 \pm 0,05	70,1 \pm 7,1	130,2 \pm 11,6	2,49 \pm 0,12	368,8 \pm 12,2	539,0 \pm 16,2	1,64 \pm 0,04	80,3 *a \pm 6,8	154,7 *a \pm 13,5	2,78 \pm 0,15
r10	511,8 \pm 14,8	1,45 \pm 0,04	64,3 \pm 6,4	115,4 \pm 10,7	2,39 \pm 0,13	373,4 \pm 13,0	554,8 \pm 18,9	1,70 \pm 0,05	121,0 *a \pm 8,9	229,7 *a \pm 19,1	2,71 \pm 0,14

Die Ballaststoffmenge in Bezug auf die Sortierung nach der Ballaststoffaufnahme zur Zwischenmahlzeit 3 bewegte sich zwischen 0,0 g und 3,1 g (Spannweite 3,1 g). Ein signifikanter Unterschied war für alle Tage ab Tag 3 im Vergleich mit Tag 1 zu erkennen.

Bei der Analyse des ganzen Tages konnte ein kleiner Einfluss der Zwischenmahlzeit 3, vor allem für die höheren Werte gesehen werden. Die Verzehrsmenge entsprach 1057 g bis 1166 g (Spannweite 109 g). Es wurde ein Anstieg der Werte mit statistischer Signifikanz für Tag 9 und 10 deutlich. Die Energieaufnahme belief sich auf 1630 kcal bis 1792 kcal (Spannweite 162 kcal) und es konnte abermals ein Ansteigen der Werte mit statistisch signifikanten Unterschieden für Tag 9 und 10 gezeigt werden. Die Energiedichte von 1,61 kcal/g bis 1,59 kcal/g (Spannweite 0,02 kcal/g) wies allerdings keinen Zusammenhang zu diesen kleinen Anstiegen auf.

Hinsichtlich des Frühstücks ergab sich eine Verzehrsmenge von 178 g bis 166 g (Spannweite 12 g) und eine Energieaufnahme von 352 kcal bis 322 kcal (Spannweite 30 kcal). Ein Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 3 oder signifikante Unterschiede waren nicht zu erkennen. Das Gleiche galt auch für die Energiedichte von 2,35 kcal/g bis 2,28 kcal/g (Spannweite 0,07 kcal/g).

Bei der Analyse der vormittäglichen Zwischenmahlzeit 1 belief sich die Verzehrsmenge auf 36 g bis 41 g (Spannweite 5 g) und die Energieaufnahme auf 51 kcal bis 59 kcal (Spannweite 8 kcal). Auch hier zeigte sich kein Zusammenhang zu den Werten der Zwischenmahlzeit 3. Ebenso wies die Energiedichte von 1,81 kcal/g bis 1,88 kcal/g (Spannweite 0,07 kcal/g) keinerlei Verbindung zu den vorherigen Werten auf.

Zum Mittagessen betrug die Verzehrsmenge 400 g bis 400 g (Spannweite 0 g) mit einem Minimalwert von 389 g und einem Maximalwert von 429 g. Die Energieaufnahme befand sich bei 526 kcal bis 512 kcal (Spannweite 14 kcal). Abermals konnte kein Bezug zu den Werten der Zwischenmahlzeit 3 hergestellt werden und auch die Energiedichte von 1,54 kcal/g bis 1,45 kcal/g (Spannweite 0,09 kcal/g) lieferte keinen.

Die nachmittägliche Zwischenmahlzeit 2 hatte eine Verzehrsmenge von 77 g bis 64 g (Spannweite 13 g) und eine Energieaufnahme von 147 kcal bis 115 kcal (Spannweite 32 kcal). Keine von beiden und auch nicht die Energiedichte von 2,43 kcal/g bis 2,39 kcal/g (Spannweite 0,04 kcal/g) wies einen Zusammenhang zur Zwischenmahlzeit 3 auf.

Zum Abendessen ergab sich eine Verzehrsmenge von 350 g und 373 g (Spannweite 23 g), eine Energieaufnahme von 523 kcal bis 555 kcal (Spannweite 32 kcal) und eine

Energiedichte von 1,69 kcal/g bis 1,70 kcal/g (Spannweite 0,01 kcal/g). Auch hier ließ sich keine Verbindung zu den Werten der Zwischenmahlzeit 3 herstellen.

Für die späte Zwischenmahlzeit 3 stieg die Verzehrsmenge von 17 g auf 121 g (Spannweite 104 g) beinahe kontinuierlich mit statistisch signifikanten Unterschieden ab Tag 7 an. Die Energieaufnahme von 33 kcal bis 230 kcal (Spannweite 207 kcal) wies ebenfalls einen fast kontinuierlichen Anstieg mit signifikanten Unterschieden für alle Tage ab Tag 7 auf. Die Energiedichte von 2,44 kcal/g bis 2,71 kcal/g (Spannweite 27 kcal/g) demonstrierte allerdings keinen Zusammenhang zu diesen Anstiegen und es stellten sich auch keine signifikanten Unterschiede dar.

4 DISKUSSION

Ballaststoffe sind verschiedene heterogene Substanzen, die unverdaut den Dickdarm erreichen. Es sind vorwiegend schwer verdauliche Kohlenhydrate (Saccharide), welche nicht resorbiert oder durch Enzyme des Gastrointestinaltraktes in eine resorbierbare Form gebracht werden können [6]. Chemisch gesehen sind es Nicht-Stärke-Polysaccharide zusammen mit Oligo-, Mono- und Disacchariden.

Eine häufige Einteilung erfolgt nach der Wasserlöslichkeit, wie sie auch für obige Daten verwendet wurde. Unlösliche Ballaststoffe bestehen zum großen Teil aus Struktur- oder Matrixfasern, wie Lignin und Zellulose und einzelne Hemizellulosen [6] und werden kaum von Darmbakterien fermentiert. Lösliche Ballaststoffe wie Pektin, Guar, Inulin und die meisten Hemizellulosen gehen in eine Lösung über, bilden Gele und können gewöhnlich von Darmbakterien fermentiert werden. Durch die Fermentierung werden so vor allem die löslichen Ballaststoffe zu kurzkettigen Fettsäuren, wie Azetat, Propionat und Butyrat abgebaut [6]. Diese werden wiederum größtenteils im Dickdarm resorbiert und die pro Gramm fermentierbarer Masse gewonnene Energie beträgt je nach Fermentierbarkeit zwischen 0 und 0,2 kcal [6]. Eine Studie zu diesem Thema gibt Anlass zu der Vermutung, dass lösliche Ballaststoffe dadurch zu einer wesentlich höheren Energieverfügbarkeit und -aufnahme als unlösliche Ballaststoffe führen [30].

Ballaststoffen im Allgemeinen werden diverse Eigenschaften zugeschrieben. Einige Ballaststoffe üben eine probiotische Aktivität aus. Durch die Förderung der Vermehrung von apathogenen Darmbakterien wie Bifidobakterien oder Laktobazillen spielen sie eine entscheidende Rolle in der Aufrechterhaltung der Darmflora, da z.B. durch die Vermehrung von apathogenen Keimen, das Wachstum von pathogenen Keimen kompetitiv gehemmt wird [6]. Vor allem lösliche pflanzliche Oligosaccharide haben eine starke präbiotische Aktivität [6]. Zudem helfen Ballaststoffe die Bioverfügbarkeit und Absorption von Mineralien wie Magnesium, Eisen und Zink zu erhöhen [6]. Auch eine inverse Beziehung zwischen einer vermehrten Ballaststoffaufnahme aus natürlichen Lebensmittelquellen und dem Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung wird in großen Beobachtungsstudien gezeigt [31, 42, 43].

Lösliche Ballaststoffe können v.a. durch ihre gelbildende Eigenschaft die Magenentleerung verzögern [6, 32]. Dadurch wird Ihnen in verschiedenen Studien ein Effekt auf verminderte post-prandiale Glukosespiegel und eine gesteigerte Insulinsensitivität zugeschrieben [27, 71]. Sie haben auch einen positiven Effekt auf den Cholesterinmetabolismus, indem sie durch Bindung der Gallensäure den enterohepatischen Kreislauf durchbrechen [73]. Die Bindung der Gallensäuren führt zu einer vermehrten Neubildung, wofür vermehrt Cholesterin (besonders LDL-Cholesterin)

verstoffwechselt wird [6]. Ein Absinken der LDL-Cholesterinspiegel im Blut ist die Folge. Das zeigen auch verschiedene klinische Studien und Metaanalysen zu diesem Thema [2-4, 9, 55].

Die Kontrolle des Stuhlvolumens ist ebenfalls im Wesentlichen von den Ballaststoffen abhängig. Besonders die unlöslichen Ballaststoffe führen durch ihre Wasserbindungskapazität zu einer Vermehrung des Stuhlvolumens und somit zu einer Abnahme der Darmpassagezeit. Auch die Erhöhung der Bakterienmasse durch die Fermentierung der löslichen Ballaststoffe trägt zu einem kleinen Teil zur Stuhlvermehrung bei [6]. Bei diesem Fermentationsprozess entstehen Gase, die den endoluminalen pH Wert absinken lassen und so das Wachstum von pathogenen Keimen hemmen und das von apathogenen Keimen fördern [6, 10]. Die durch Fermentationsprozesse entstandenen kurzkettigen Fettsäuren weisen eine antientzündliche und tumorprotektive Wirkung auf [6, 58] und vor allem Butyrat scheint eine entscheidende Rolle dabei zu spielen [16, 59], indem es die Hyperproliferation von Schleimhautzellen im Dickdarm hemmt, Apoptosen induziert, mit intrazellulären Signaltransduktionskaskaden interferiert und die Expression verschiedener Gene manipuliert, die an der Tumorgenese beteiligt sind [6]. Aufgrund all dieser Eigenschaften wird allgemein die Empfehlung ausgesprochen, zwischen 20-50 g Ballaststoffe pro Tag zu verzehren [21, 78]. Allerdings sind die meisten Erkenntnisse über die kurzkettigen Fettsäuren in Studien mit in vitro Analysen gewonnen worden. Welchen Effekt die kurzkettigen Fettsäuren in vivo wirklich haben ist noch nicht gänzlich geklärt.

Interessant ist, ob Ballaststoffe einen Einfluss auf die Nahrungsaufnahme haben. Der entscheidende Impuls zur Nahrungsaufnahme ist das Hungergefühl. Das Sättigungsgefühl beendet die Aufnahme wieder. Das erneute Auftreten des Hungergefühls nach einem unterschiedlich langen Zeitraum ist abhängig von der Zusammensetzung und der Masse der konsumierten Mahlzeit [65]. Die Regulation von Hunger und Sättigungsgefühl und somit auch der Nahrungsaufnahme und deren Ende erfolgt durch verschiedene Mechanismen.

Die akute post-prandiale Regulation findet durch ein Zusammenspiel von Magen und Gehirn statt. Der Ursprung der Sättigungssignale befindet sich im Magen [17, 47, 63] und vor allem die Füllung und Dehnung des Magens spielt dabei eine große Rolle. Denn ab einem Füllungsvolumen von 400ml werden Sättigungssignale aktiviert, die zudem durch das simultane Vorhandensein von Nährstoffen intensiviert werden können [26, 52-54, 64]. Der gastrale Dehnungsreiz wird über afferente Fasern zum Hypothalamus übertragen, aus dem anorektisch wirksame Neurotransmitter freigesetzt werden [65]. Die Aktivierung dieser Neurotransmitter wird durch das Nahrungsvolumen

und nicht durch die Makronährstoffe in der Mahlzeit geregelt, wie mehrere Studien zu diesem Thema gezeigt haben [60-62]. So wird auch der Einfluss der Energiedichte der Lebensmittel deutlich. Bei gleichem Sättigungsgefühl haben Lebensmittel mit geringer Energiedichte eine geringere Energieaufnahme, als Lebensmittel mit hoher Energiedichte [19, 20, 25, 38, 51, 52, 63, 64, 74-77] zur Folge.

Auch ein Einfluss durch Hormone aus dem Magen als Vermittler des Sättigungs- oder Hungergefühls wird diskutiert. Wie zum Beispiel Ghrelin, ein appetitstimulierendes Hormon [37, 79, 83], von dem 80 Prozent, der in der Peripherie zirkulierenden Menge aus dem Magen stammen. Es konnte ein Abfall der Plasmaspiegel nach einer kohlenhydrathaltigen gemischten Mahlzeit innerhalb von 90 min festgestellt werden, die anschließend wieder auf das Ausgangsniveau zurückkehrten [15, 80]. Allerdings ist die exakte Rolle von Ghrelin noch nicht gänzlich geklärt. Ein weiteres vom Ghrelin-Gen kodierte Peptid ist Obestatin, das den gegenteiligen Effekt wie Ghrelin auf die Nahrungsaufnahme zu haben scheint [84].

In den Kerngebieten des Hypothalamus findet die übergeordnete Regulation der Nahrungsaufnahme statt [36, 45, 69]. Eine Reihe neuronaler Verbindungen zwischen hypothalamischen Kerngebieten und extrahypothalamischen Arealen sind die anatomische Basis für die Beeinflussung des Essverhaltens durch Sensorik und Kognition [65]. Zudem tragen verschiedene Neurotransmitter zur Regulation bei. Hier unterscheidet man zwischen anorektischen Neurotransmittern und Neuropeptiden (z.B. Noradrenalin, Dopamin und glucagon-like-peptide-1), die die Nahrungsaufnahme hemmen und orexigenen Neurotransmittern, die diese entweder stimulieren (z.B. Ghrelin und Galanin) oder das Sättigungsgefühl hemmen (Neuropeptid Y).

Die tonische Kontrolle erfolgt durch die Sekretion des Hormon Leptins aus dem Fettgewebe, welches somit eine entscheidende Rolle in der Regulation des Körpergewichts spielt [24]. Veränderungen des Körpergewichts sind assoziiert mit einem Anstieg bzw. Abfall der Leptin-Konzentration, da die Leptin-Sekretion proportional zur Zahl der Fettzellen ist [12].

Auch kognitive und sensorische Mechanismen beeinflussen das Essverhalten. So spielen Faktoren wie Geschmack, Konsistenz, Stimmungslage, Tageszeit, soziale Umgebung und viele mehr, eine große Rolle und können leicht die Basisregulationen übergehen und zu einer übermäßigen Nahrungsaufnahme trotz Sättigung führen [18, 41, 50].

Für den Zusammenhang zwischen Nahrungsaufnahme und Ballaststoffverzehrsmenge ist vor allem der Dehnungsreiz des Magens als Sättigungssignal und die füllenden Eigenschaften der Ballaststoffe ausschlaggebend. Interessant ist, ob Ballaststoffe

durch eine verlängerte Füllung und dadurch Dehnung des Magens zu einer geringeren Verzehrsmenge führen. Verschiedene Studien zeigen, dass Supplementierungen mit löslichen Ballaststoffe, wie Guar, Agar und Pectin die Magenentleerung verzögern und teilweise einen Effekt auf die post-prandialen Glukosespiegel haben [8, 23, 28, 39, 40, 56, 57, 70]. Mögliche Gewichtsveränderungen wurden hierbei allerdings nicht genauer betrachtet. In verschiedenen Studien mit der Fragestellung der Gewichtsreduktion durch Ballaststoffaufnahme tauchen widersprüchliche Ergebnisse auf. Zum einen wird eine Gewichtsreduktion durch vermehrte Ballaststoffaufnahme oder Ballaststoffsupplemente [5, 7, 11, 22, 35, 44, 72, 82] und zum anderen kein Einfluss auf das Gewicht durch diese nahegelegt [1, 29, 33, 34, 48, 49, 81].

Die hier vorliegenden Daten zeigen, dass ein erhöhter Ballaststoffverzehr auch mit einer gesteigerten Verzehrsmenge einhergeht, die zudem meist eine Erhöhung der Energieaufnahme mit sich bringt. Die ebenfalls damit einhergehende Reduzierung der Energiedichte ist gering und wird eigentlich nur in der Gesamttagesbilanz und zu den Hauptmahlzeiten, wie Mittag und Abendessen bestätigt. Die Energieaufnahme wird somit letztendlich nicht reduziert, da die erhöhte Verzehrsmenge die geringe Verminderung der Energiedichte übersteigt. Dies bestätigt eine vorherige Untersuchung, die den Zusammenhang zwischen Ballaststoffen, Energieaufnahme und Lebensmittelverzehr analysiert [68].

Betrachtet man die löslichen und die unlöslichen Ballaststoffaufnahme der vorliegenden Daten getrennt, so ergeben sich für die Verzehrsmenge und die Energieaufnahme jeweils ein, zur Gesamtballaststoffmenge parallel verlaufender Anstieg. Allerdings ist die Abnahme der Energiedichte für die unlöslichen Ballaststoffe stärker ausgeprägt als für die löslichen. Doch auch hier führt, wie schon beim Gesamtballaststoffverzehr die Verminderung der Energiedichte zu keiner wesentlichen Reduktion der Energieaufnahme.

Analysen des Ernährungsverhaltens übergewichtiger und adipöser Patienten geben einen Überblick über den Lebensmittelverzehr und die Beteiligung verschiedener Lebensmittelgruppen an der Energieaufnahme und der Verzehrsmenge [66, 67] dieser Personengruppe. Insgesamt betrachtet hat der Verzehr von Brot mit Abstand den größten Anteil an der Energieaufnahme, gefolgt von den Kohlenhydraten wie Reis, Nudeln und Kartoffeln. Danach folgen Lebensmittel mit höherem Fettanteil, wie Kuchen, Süßigkeiten, Käse und Wurstwaren [66].

Das Frühstück ist durch einen hohen Brotverzehr gekennzeichnet. Außerdem kommen energiereichen Brotbelägen, wie Käse, Aufschnitt und süßen Brotaufstrichen, wie Marmelade und Nussnougatcreme, sowie Kleingebäck, wie z.B. Croissants eine große Bedeutung zu, wohingegen niedrigenergetische Lebensmittel einen geringen Anteil

haben [67]. Die hohe Energiedichte zusammen mit dem hohen Ballaststoffgehalt pro 100 g und eher durchschnittlichen Ballaststoffmengen pro 100 kcal ist am ehesten dem Brotverzehr zuzuschreiben.

Beim Mittagessen überwiegen die niedrigenergetischen Lebensmittel, wobei Gemüse eine große Rolle bei der Verzehrsmenge spielt. Das erklärt die niedrige Energiedichte trotz großer Verzehrsmenge. Für die Energieaufnahme sind hier vor allem Kohlenhydratbeilagen und Fleisch verantwortlich [67]. Die Ballaststoffaufnahme pro 100 g ist allerdings eher niedrig bei durchschnittlichem Ballaststoffgehalt pro 100 kcal.

Zum Abendessen werden ebenfalls vermehrt Nahrungsmittel mit niedriger Energiedichte, wie Gemüse und Obst verzehrt. Für die Energieaufnahme sind niedrig- und hochenergetische Lebensmittel in gleichem Maße verantwortlich. Zu den hochenergetischen Lebensmitteln zählen beim Abendessen vor allem Brot, gefolgt von den niedrigenergetischeren Kohlenhydratbeilagen [67]. Hier spiegelt sich ein Abwechseln von Brotzeit und warmer Hauptmahlzeit wider. So wird bei hoher Verzehrsmenge auch eine größere Energieaufnahme deutlich, wobei sich der Ballaststoffgehalt pro 100 g und der Ballaststoffgehalt pro 100 kcal im Mittelfeld bewegen.

Bei der morgendlichen Zwischenmahlzeit 1 ist die Energieaufnahme vorwiegend durch Brot, gefolgt von Obst, Süßigkeiten (zu denen auch Nüsse zählen), Kuchen und Kleingebäck bedingt und die Verzehrsmenge wird durch die Aufnahme von Obst, gefolgt von Brot, Joghurt und Kuchen bestimmt. Hier spielen auch niedrigenergetische Lebensmittel eine Rolle [67], was die durchschnittliche Energiedichte erklärt. Der verhältnismäßig hohe Ballaststoffgehalt pro 100 kcal lässt sich aus den vorherigen Daten heraus nicht wirklich erklären und spricht für eher für einen hohen Verzehr von Müsli oder Vollkornkeksen.

Zur nachmittäglichen Zwischenmahlzeit 2 spielen Kuchen, Kleingebäck und Süßigkeiten sowohl für die Energieaufnahme, als auch für die Verzehrsmenge eine große Rolle. Zudem wird viel Obst verzehrt [67]. Das ist erklärend für die hohe Energiedichte zusammen mit dem leicht erhöhten Ballaststoffgehalt pro 100 g.

Das Gleiche gilt auch für die späte Zwischenmahlzeit 3, die ebenfalls eine große Menge an verzehrtem Obst, Süßigkeiten und Kuchen, Kleingebäck und auch Joghurt aufweist. Für die Energieaufnahme sind vor allem die hochenergetischen Lebensmittel, wie Süßigkeiten, Kuchen und Kleingebäck verantwortlich [67]. Die hohe Energiedichte zusammen mit einem erhöhten Ballaststoffgehalt pro 100 g lassen dieses Ernährungsmuster erkennen.

Betrachtet man den Ballaststoffgehalt verschiedener Lebensmittel in Tab.14 wird deutlich, dass einige Lebensmittel mit hohem Ballaststoffgehalt auch eine hohe Energiedichte besitzen und somit auch eine hohe Energieaufnahme zur Folge haben.

Tab.14 Gesamtballaststoffe (Ball ges), lösliche Ballaststoffe (Ball lösl), unlösliche Ballaststoffe (Ball ulösl) und Energiedichte (ED) pro 100g Verzehrsmenge einiger ausgewählter Lebensmittel, sowie das Verhältnis von unlöslichen zu löslichen Ballaststoffen (Ball ulösl/Ball lösl)					
Bezeichnung	Ball ges g	Ball lösl g	Ball ulösl g	ED kcal/g	Ball ulösl /Ball lösl
Brot und Backwaren					
Graubrote	4,7	2,2	2,5	2,1	1,1
Grünkernbrot	4,3	1,5	2,8	2,3	1,9
Knäckebrot	4,6	1,7	2,9	3,6	1,7
Vollkornbrot	8,7	3,1	5,5	1,9	1,8
Weißbrote	3,0	1,1	1,9	2,4	1,7
Croissant aus Blätterteig	2,5	0,9	1,6	5,1	1,8
Kuchen	2,2	0,8	1,4	3,8	1,8
Torten	0,9	0,3	0,6	2,5	2,0
Laugengebäck	4,1	1,5	2,6	3,4	1,7
Knabbergebäck	0,7	0,3	0,4	3,5	1,3
Müslikeks aus Vollkornteig	9,2	1,7	7,5	4,4	4,4
Plätzchen Kekse	1,9	0,7	1,2	5,0	1,7
Vollkornkeks	8,5	2,8	5,7	4,7	2,0
Getreide und Getreidemahlerzeugnisse					
Buchweizen Korn geschält	3,7	1,6	2,1	3,4	1,3
Grünkern	8,8	3,3	5,5	3,2	1,7
Weizen	10,3	2,6	7,7	3,1	3,0
Mais	9,2	2,3	6,9	3,3	3,0
Roggen	14,0	5,0	9,0	2,9	1,8
Reis	1,4	0,9	0,5	3,5	0,6
Grünkern Mehl	6,0	2,3	3,7	3,4	1,6
Hafer Mehl	5,0	1,5	3,5	3,8	2,3
Roggen Mehl (Type 650-1800)	6,5	3,3	3,2	3,2	1,0
Weizen Mehl (Type 650-1800)	4,8	1,5	3,3	3,3	2,2
Mais Mehl	3,0	0,8	2,3	3,5	2,9
Vollkornmehl	10,0	2,5	7,5	3,1	3,0
Getreidenährmittel					
Müsli	8,1	2,3	5,8	3,5	2,5
Cornflakes	4,0	1,0	3,0	3,6	3,0
Hafer Flocken	5,4	1,6	3,8	3,7	2,4
Teigwaren	5,0	1,8	3,2	3,5	1,8
Vollkornteigwaren	11,5	2,9	8,6	3,2	3,0
Nudeln	2,0	0,7	1,3	1,4	1,9
Kartoffel	1,7	0,7	0,9	0,6	1,3
Obst					
Apfelsine (Orange)	1,2	0,4	0,7	0,3	1,8
Ananas	1,4	0,2	1,2	0,6	6,0
Apfel	2,0	0,5	1,5	0,5	3,0
Brombeere	3,2	1,0	2,2	0,4	2,2
Banane	2,0	0,7	1,3	1,0	1,9
Birne	2,8	0,5	2,3	0,5	4,6
Weintrauben	0,8	0,1	0,7	0,7	7,0

Tab.14 Fortsetzung					
Bezeichnung	Ball ges g	Ball lösl g	Ball ulösl g	ED kcal/g	Ball ulösl /Ball lösl
Gemüse					
Kopfsalat	1,6	0,2	1,4	0,1	7,0
Mohrrübe frisch	3,6	1,5	2,2	0,3	1,5
Tomaten	0,9	0,1	0,9	0,2	9,0
Gurke	0,5	0,1	0,4	0,1	4,0
Gemüsepaprika rot	3,6	0,5	3,0	0,4	6,0
Bohnen grün frisch	3,0	1,5	1,5	0,3	1,0
Broccoli frisch	3,0	1,2	1,8	0,3	1,5
Erbsen grün frisch	5,0	0,3	4,7	0,8	15,7
Spinat frisch	2,6	0,6	1,9	0,2	3,2
Rettich	2,5	0,6	1,9	0,1	3,2
Blumenkohl frisch	2,9	1,2	1,7	0,2	1,4
Grünkohl frisch	4,2	0,4	3,8	0,4	9,5
Rosenkohl frisch	4,4	1,5	2,9	0,4	1,9
Rotkohl frisch	2,5	0,9	1,6	0,2	1,8
Bohnen reif Konserve	6,9	3,4	3,4	0,6	1,0
Pilze frisch	2,0	0,4	1,6	0,2	4,0
Zwiebeln	1,8	0,9	0,9	0,3	1,0
Nüsse					
Cashewnuß	2,9	1,5	1,5	5,7	1,0
Erdnuß	10,9	5,5	5,5	5,6	1,0
Haselnuß	8,2	3,1	5,1	6,4	1,6
Mandel süß	15,2	6,1	9,1	5,7	1,5
Walnüsse	6,1	3,1	3,1	6,5	1,0
Süßwaren					
Eiscreme	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0
Schokolade	1,4	0,1	1,3	5,4	13,0
Müsli-Riegel	4,3	1,5	2,8	3,8	1,9
Fruchtschnitten	2,8	0,9	1,9	3,1	2,1
Sonstiges					
Fleisch frisch	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
Fische gegart	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Joghurt Oberbegriff	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
Kuhmilch	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Schnittkäse	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0
Eier	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0

Das wird vor allem bei Müsli, Vollkornkeksen, Nüssen und Müsliriegeln deutlich. Diese Lebensmittel werden bevorzugt zu den Zwischenmahlzeiten verzehrt, was die hohe Energieaufnahme bei hohem Ballaststoffverzehr bei selbigen erklärt. Zudem werden, wie auch schon in Studie [68] bemerkt, ballaststoffreiche Lebensmittel meist nicht allein, sondern in Kombination mit anderen, teilweise sehr hochenergetischen Lebensmitteln, wie Marmelade oder Butter verzehrt. Dadurch wird die eventuell

niedrige Energiedichte ballaststoffreicher Lebensmittel von der hohen Energiedichte der anderen Lebensmittel überlagert.

Die Verteilung der unlöslichen im Vergleich zu den löslichen Ballaststoffen lässt stets einen Überhang auf Seiten der unlöslichen Ballaststoffe erkennen. Vor allem viele Gemüsesorten, wie Salat, Tomaten, Erbsen und Grünkohl, aber auch Vollkornprodukte und Schokolade weisen einen verhältnismäßig hohen Gehalt an unlöslichen Ballaststoffen auf.

Sortiert man die Tage in Abhängigkeit der Ballaststoffaufnahme der einzelnen Mahlzeiten lässt sich lediglich ein Einfluss auf die entsprechende Mahlzeit und v.a. bei den Hauptmahlzeiten auf den ganzen Tag darlegen. Für die anderen Mahlzeiten konnte trotz erhöhtem Ballaststoffverzehr keine Reduktion der Verzehrsmenge, Energieaufnahme, Energiedichte oder der Ballaststoffmenge gezeigt werden. So wird demonstriert, dass auch durch eine höhere Ballaststoffaufnahme z.B. zum Frühstück keine wesentliche Reduktion der Energieaufnahme für den ganzen Tag bzw. für die anderen Mahlzeiten erfolgt. Das bestätigt Studien, die gezeigt haben, dass ein Frühstück mit hohem Energiegehalt zu einer höheren Ganztageskalorienaufnahme, als ein Frühstück mit niedrigem Energiegehalt führt. Und, dass eine hohe morgendliche Energieaufnahme keine Reduktion der nachfolgenden Mahlzeiten mit sich bringt [13, 14]. Zudem zeigt eine epidemiologische Studie, dass bei Personen, die auf das Frühstück verzichten, eine geringere tägliche Energieaufnahme das Resultat ist [46].

Wie auch schon in Studie [68] vermerkt, ist ein vermehrter Ballaststoffverzehr dann relevant und sinnvoll, wenn dadurch eine Einsparung der Energieaufnahme stattfindet, die Energiedichte des Lebensmittel also gesenkt wird. Zum Beispiel wäre es sinnvoll Weißbrot durch Vollkornbrot zu ersetzen. Lebensmittel, wie ballaststoffreiche Müsliriegel tragen allerdings durch ihre hohe Energiedichte zu einer höheren Energieaufnahme bei, als zum Beispiel ballaststoffärmere Fruchtschnitten. Ballaststoffsupplimentierungen, evtl. mit einem besonders hohen Anteil an unlöslichen Ballaststoffen wären prinzipiell sinnvoll. Allerdings ist fraglich, ob dies in der Praxis durchführbar ist, bzw. von der Bevölkerung akzeptiert wird. Auch ein vermehrter Ballaststoffverzehr zu einer bestimmten Mahlzeit hat sich als nicht relevant dargestellt.

Wie und ob die geringfügig niedrigere Energiedichte bei unlöslichen Ballaststoffen sich für die Praxis eine Relevanz aufweist, oder durchführbar ist müsste in weiteren Studien untersucht werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Ballaststoffe scheinen vor allem durch eine vermehrte Magenfüllung und Dehnung, sowie durch eine verminderte Resorption im Dünndarm einen positiven Einfluss auf die Gewichtsreduktion zu haben. Es ist allerdings fraglich, wie sich ein höherer Ballaststoffverzehr zu den verschiedenen Mahlzeiten des Tages auf die anderen Mahlzeiten und den gesamten Tag auswirkt. Zudem ist der Einfluss der unterschiedlichen Ballaststoffarten (lösliche und unlösliche) auf die Nahrungs- und Energieaufnahme kaum analysiert. Deshalb wurde der Ballaststoffverzehr von 292 übergewichtigen und adipösen Personen mithilfe von Ernährungsprotokollen über jeweils 10 Tage untersucht. Die Teilnehmer verzehrten täglich rund 1088 g, mit einer Energieaufnahme von 1657 kcal und einer Energiedichte von durchschnittlich 1,58 kcal/g. Der Ballaststoffanteil pro Tag lag bei 17,6 g, wobei die löslichen Ballaststoffe rund 5,7 g und die unlöslichen Ballaststoffe 11,7 g betragen.

Die Ergebnisse zeigten, dass eine erhöhte Ballaststoffaufnahme nicht zwangsläufig zu einer reduzierten Energieaufnahme führt.

Auch haben die einzelnen Mahlzeiten trotz erhöhter Ballaststoffzufuhr keinen wesentlichen Einfluss auf die anderen Mahlzeiten. So lässt sich zum Beispiel durch einen vermehrten Ballaststoffkonsum zum Frühstück keine Einsparung der Energieaufnahme für die nachfolgenden Mahlzeiten erkennen.

Auch die Analyse der löslichen und unlöslichen Ballaststoffen zeigte keine relevanten Unterschiede.

Eine Ernährungsempfehlung lässt sich aus den Ergebnissen nur bedingt ableiten. Für die Vermeidung von Übergewicht und Adipositas wäre ein erhöhter Ballaststoffverzehr grundsätzlich vorteilhaft, da Ballaststoffe zu einer stärkeren Magenfüllung und damit erhöhten Sättigung beitragen, ohne die Kalorienaufnahme zu steigern. Dafür bräuhete man einen erhöhten Ballaststoffanteil in Lebensmitteln, durch den Makronährstoffe und damit Energieträger ersetzt werden. Wie zum Beispiel bei dem Ersatz von Weißbrot durch Vollkornbrot. Alternativ kämen auch Ballaststoffsupplementationen mit einem hohen Anteil an unlöslichen Ballaststoffen in Betracht. Doch es stellt sich die Frage, ob dies eine Methode ist, die sich in der Praxis durchsetzen kann, nicht zuletzt aus Gründen der geschmacklichen Akzeptanz.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Anderson JW, Allgood LD, Turner J, Oeltgen PR, Daggy BP (1999) Effects of psyllium on glucose and serum lipid responses in men with type 2 diabetes and hypercholesterolemia. *The American journal of clinical nutrition* 70:466-473
2. Anderson JW, Hanna TJ (1999) Impact of nondigestible carbohydrates on serum lipoproteins and risk for cardiovascular disease. *The Journal of nutrition* 129:1457S-1466S
3. Anderson JW, Allgood LD, Lawrence A, Altringer LA, Jerdack GR, Hengehold DA, Morel JG (2000) Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: meta-analysis of 8 controlled trials. *The American journal of clinical nutrition* 71:472-479
4. Anderson JW, Davidson MH, Blonde L, Brown WV, Howard WJ, Ginsberg H, Allgood LD, Weingand KW (2000) Long-term cholesterol-lowering effects of psyllium as an adjunct to diet therapy in the treatment of hypercholesterolemia. *The American journal of clinical nutrition* 71:1433-1438
5. Azadbakht L, Mirmiran P, Esmailzadeh A, Azizi T, Azizi F (2005) Beneficial effects of a Dietary Approaches to Stop Hypertension eating plan on features of the metabolic syndrome. *Diabetes care* 28:2823-2831
6. Biesalski HK, Bischoff SC, Puchstein C (2010) Ballaststoffe. *Ernährungsmedizin*. Thieme Verlag, pp 74-84
7. Birketvedt GS, Shimshi M, Erling T, Florholmen J (2005) Experiences with three different fiber supplements in weight reduction. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research* 11:PI5-8
8. Blackburn NA, Redfern JS, Jarjis H, Holgate AM, Hanning I, Scarpello JH, Johnson IT, Read NW (1984) The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin Sci (Lond)* 66:329-336
9. Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM (1999) Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition* 69:30-42
10. Calloway DH, Murphy EL (1968) The use of expired air to measure intestinal gas formation. *Annals of the New York Academy of Sciences* 150:82-95
11. Cicero AF, Derosa G, Manca M, Bove M, Borghi C, Gaddi AV (2007) Different effect of psyllium and guar dietary supplementation on blood pressure control in hypertensive overweight patients: a six-month, randomized clinical trial. *Clin Exp Hypertens* 29:383-394
12. Considine RV, Sinha MK, Heiman ML, Kriauciunas A, Stephens TW, Nyce MR, Ohannesian JP, Marco CC, McKee LJ, Bauer TL, et al. (1996) Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *The New England journal of medicine* 334:292-295
13. Cotton JR, Burley VJ, Blundell JE (1992) Fat and satiety: no additional intensification of satiety following a fat supplemented breakfast. *International journal of obesity* 16 (Suppl.1):11
14. Cotton JR, Burley VJ, Blundell JE (1994) Fat and satiety: effect of fat in combination with either protein or carbohydrate. In: Ditschuneit HH, Gies FA, Hauner H, Schusdziarra V, Wechsler JG (eds) *Obesity in Europe* 93. J. Libbey, London, pp 349-355
15. Cummings DE, Purnell JQ, Frayo RS, Schmidova K, Wisse BE, Weigle DS (2001) A preprandial rise in plasma ghrelin levels suggests a role in meal initiation in humans. *Diabetes* 50:1714-1719

16. Davido DJ, Richter F, Boxberger F, Stahl A, Menzel T, Luhrs H, Loffler S, Dusel G, Rapp UR, Scheppach W (2001) Butyrate and propionate downregulate ERK phosphorylation in HT-29 colon carcinoma cells prior to differentiation. *Eur J Cancer Prev* 10:313-321
17. Deutsch JA, Young WG, Kalogeris TJ (1978) The stomach signals satiety. *Science* 201:165-167
18. Drewnowski A (1997) Taste preferences and food intake. *Annual review of nutrition* 17:237-253
19. Erdmann J, Topsch R, Lippl F, Gussmann P, Schusdziarra V (2004) Postprandial response of plasma ghrelin levels to various test meals in relation to food intake, plasma insulin, and glucose. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism* 89:3048-3054
20. Erdmann J, Leibl M, Wagenpfeil S, Lippl F, Schusdziarra V (2006) Ghrelin response to protein and carbohydrate meals in relation to food intake and glycerol levels in obese subjects. *Regulatory peptides* 135:23-29
21. Ernährung DGf Referenzwerte für die Nahrungsaufnahme 2008.
22. Esposito K, Pontillo A, Di Palo C, Giugliano G, Masella M, Marfella R, Giugliano D (2003) Effect of weight loss and lifestyle changes on vascular inflammatory markers in obese women: a randomized trial. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 289:1799-1804
23. Flourie B, Vidon N, Chayvialle JA, Palma R, Franchisseur C, Bernier JJ (1985) Effect of increased amounts of pectin on a solid-liquid meal digestion in healthy man. *The American journal of clinical nutrition* 42:495-503
24. Friedman JM, Halaas JL (1998) Leptin and the regulation of body weight in mammals. *Nature* 395:763-770
25. Geliebter A (1988) Gastric distension and gastric capacity in relation to food intake in humans. *Physiology & behavior* 44:665-668
26. Geliebter A, Westreich S, Gage D (1988) Gastric distention by balloon and test-meal intake in obese and lean subjects. *The American journal of clinical nutrition* 48:592-594
27. Hanai H, Ikuma M, Sato Y, Iida T, Hosoda Y, Matsushita I, Nogaki A, Yamada M, Kaneko E (1997) Long-term effects of water-soluble corn bran hemicellulose on glucose tolerance in obese and non-obese patients: improved insulin sensitivity and glucose metabolism in obese subjects. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry* 61:1358-1361
28. Holt S, Heading RC, Carter DC, Prescott LF, Tothill P (1979) Effect of gel fibre on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. *Lancet* 1:636-639
29. Howarth NC, Saltzman E, McCrory MA, Greenberg AS, Dwyer J, Ausman L, Kramer DG, Roberts SB (2003) Fermentable and nonfermentable fiber supplements did not alter hunger, satiety or body weight in a pilot study of men and women consuming self-selected diets. *The Journal of nutrition* 133:3141-3144
30. Isken F, Klaus S, Osterhoff M, Pfeiffer AF, Weickert MO (2010) Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *The Journal of nutritional biochemistry* 21:278-284
31. Jacobs DR, Jr., Meyer KA, Kushi LH, Folsom AR (1998) Whole-grain intake may reduce the risk of ischemic heart disease death in postmenopausal women: the Iowa Women's Health Study. *The American journal of clinical nutrition* 68:248-257

32. Jenkins DJ, Wolever TM, Leeds AR, Gassull MA, Haisman P, Dilawari J, Goff DV, Metz GL, Alberti KG (1978) Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. *British medical journal* 1:1392-1394
33. Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, Martini MC, Axelsen M, Faulkner D, Vidgen E, Parker T, Lau H, Connelly PW, Teitel J, Singer W, Vandembroucke AC, Leiter LA, Josse RG (2002) Effect of wheat bran on glycemic control and risk factors for cardiovascular disease in type 2 diabetes. *Diabetes care* 25:1522-1528
34. Jenkins DJ, Kendall CW, McKeown-Eyssen G, Josse RG, Silverberg J, Booth GL, Vidgen E, Josse AR, Nguyen TH, Corrigan S, Banach MS, Ares S, Mitchell S, Emam A, Augustin LS, Parker TL, Leiter LA (2008) Effect of a low-glycemic index or a high-cereal fiber diet on type 2 diabetes: a randomized trial. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 300:2742-2753
35. Jimenez-Cruz A, Bacardi-Gascon M, Turnbull WH, Rosales-Garay P, Severino-Lugo I (2003) A flexible, low-glycemic index mexican-style diet in overweight and obese subjects with type 2 diabetes improves metabolic parameters during a 6-week treatment period. *Diabetes care* 26:1967-1970
36. Kalra SP, Dube MG, Pu S, Xu B, Horvath TL, Kalra PS (1999) Interacting appetite-regulating pathways in the hypothalamic regulation of body weight. *Endocrine reviews* 20:68-100
37. Kojima M, Hosoda H, Date Y, Nakazato M, Matsuo H, Kangawa K (1999) Ghrelin is a growth-hormone-releasing acylated peptide from stomach. *Nature* 402:656-660
38. Kral TV, Roe LS, Rolls BJ (2004) Combined effects of energy density and portion size on energy intake in women. *The American journal of clinical nutrition* 79:962-968
39. Leatherdale BA, Green DJ, Harding LK, Griffin D, Bailey CJ (1982) Guar and gastric emptying in non-insulin dependent diabetes. *Acta diabetologica latina* 19:339-343
40. Leeds AR, Ralphs DN, Ebied F, Metz G, Dilawari JB (1981) Pectin in the dumping syndrome: reduction of symptoms and plasma volume changes. *Lancet* 1:1075-1078
41. LeMagnen J (1971) Advances in studies in the physiological control and regulation of food intake. In: Stellar E, Sprague J (eds) *Progress in physiological psychology*. Academic Press, New York, pp 204-261
42. Liu S, Stampfer MJ, Hu FB, Giovannucci E, Rimm E, Manson JE, Hennekens CH, Willett WC (1999) Whole-grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses' Health Study. *The American journal of clinical nutrition* 70:412-419
43. Ludwig DS, Pereira MA, Kroenke CH, Hilner JE, Van Horn L, Slattery ML, Jacobs DR, Jr. (1999) Dietary fiber, weight gain, and cardiovascular disease risk factors in young adults. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 282:1539-1546
44. Mattes RD (2002) Ready-to-eat cereal used as a meal replacement promotes weight loss in humans. *Journal of the American College of Nutrition* 21:570-577
45. Morley JE (1987) Neuropeptide regulation of appetite and weight. *Endocrine reviews* 8:256-287
46. Nicklas TA, Myers L, Reger C, Beech B, Berenson GS (1998) Impact of breakfast consumption on nutritional adequacy of the diets of young adults in Bogalusa, Louisiana: ethnic and gender contrasts. *Journal of the American Dietetic Association* 98:1432-1438

47. Organisation WH (2000) Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation
48. Pelkman CL, Navia JL, Miller AE, Pohle RJ (2007) Novel calcium-gelled, alginate-pectin beverage reduced energy intake in nondieting overweight and obese women: interactions with dietary restraint status. *The American journal of clinical nutrition* 86:1595-1602
49. Rodriguez-Moran M, Guerrero-Romero F, Lazcano-Burciaga G (1998) Lipid- and glucose-lowering efficacy of Plantago Psyllium in type II diabetes. *Journal of diabetes and its complications* 12:273-278
50. Rolls BJ, Rolls ET, Rowe EA, Sweeney K (1981) Sensory specific satiety in man. *Physiology & behavior* 27:137-142
51. Rolls BJ, Kim S, McNelis AL, Fischman MW, Foltin RW, Moran TH (1991) Time course of effects of preloads high in fat or carbohydrate on food intake and hunger ratings in humans. *The American journal of physiology* 260:R756-763
52. Rolls BJ, Castellanos VH, Halford JC, Kilara A, Panyam D, Pelkman CL, Smith GP, Thorwart ML (1998) Volume of food consumed affects satiety in men. *The American journal of clinical nutrition* 67:1170-1177
53. Rolls BJ, Bell EA, Thorwart ML (1999) Water incorporated into a food but not served with a food decreases energy intake in lean women. *The American journal of clinical nutrition* 70:448-455
54. Rolls BJ, Bell EA, Waugh BA (2000) Increasing the volume of a food by incorporating air affects satiety in men. *The American journal of clinical nutrition* 72:361-368
55. Romero AL, Romero JE, Galaviz S, Fernandez ML (1998) Cookies enriched with psyllium or oat bran lower plasma LDL cholesterol in normal and hypercholesterolemic men from Northern Mexico. *Journal of the American College of Nutrition* 17:601-608
56. Sanaka M, Yamamoto T, Anjiki H, Nagasawa K, Kuyama Y (2007) Effects of agar and pectin on gastric emptying and post-prandial glycaemic profiles in healthy human volunteers. *Clinical and experimental pharmacology & physiology* 34:1151-1155
57. Sandhu KS, el Samahi MM, Mena I, Dooley CP, Valenzuela JE (1987) Effect of pectin on gastric emptying and gastroduodenal motility in normal subjects. *Gastroenterology* 92:486-492
58. Scheppach W, Bartram HP, Richter F (1995) Role of short-chain fatty acids in the prevention of colorectal cancer. *Eur J Cancer* 31A:1077-1080
59. Scheppach W, Luehrs H, Menzel T (2001) Beneficial health effects of low-digestible carbohydrate consumption. *The British journal of nutrition* 85 Suppl 1:S23-30
60. Schick RR, Yaksh TL, Go VL (1986) An intragastric meal releases the putative satiety factor cholecystokinin from hypothalamic neurons in cats. *Brain research* 370:349-353
61. Schick RR, Reilly WM, Roddy DR, Yaksh TL, Go VL (1987) Neuronal cholecystokinin-like immunoreactivity is postprandially released from primate hypothalamus. *Brain research* 418:20-26
62. Schick RR, Yaksh TL, Roddy DR, Go VL (1989) Release of hypothalamic cholecystokinin in cats: effects of nutrient and volume loading. *The American journal of physiology* 256:R248-254
63. Schick RR, Schusdziarra V, Schroder B, Classen M (1991) Effect of intraduodenal or intragastric nutrient infusion on food intake in man. *Zeitschrift fur Gastroenterologie* 29:637-641

64. Schick RR, Schusdziarra V (1993) Regulation of food intake. In: Ditschuneit H, Gries FA, Hauner H, Schusdziarra V, Wechsler JG (eds) Obesity in Europe 1993. John Libbey, London, pp 335-348
65. Schusdziarra V, Erdmann J, Schick R (2006) Rolle des Endocannabinoid-Systems bei der Regulation des Nahrungsaufnahme. In: Schusdziarra V (ed) Das Endocannabinoid-System-Physiologie und klinische Bedeutung UNI-MED Science, Bremen, pp 47-58
66. Schusdziarra V, Sassen M, Hausmann M, Barth C, Erdmann J (2009) Lebensmittelverzehr Übergewichtiger und Adipöser. *Aktuel Ernährungsmed* 34:19,32
67. Schusdziarra V, Sassen M, Hausmann M, Wittke C, Erdmann J (2009) Lebensmittelverzehr sowie Energieaufnahme, Essensmenge und Energiedichte bei Haupt- und Zwischenmahlzeiten Übergewichtiger und Adipöser. *Aktuel Ernährungsmed* 34:186,194
68. Schusdziarra V, Hausmann M, Sassen M, Kellner M, Mittermeier J, Erdmann J (2011) Ballaststoffe, Energieaufnahme und Lebensmittelverzehr. *Aktuel Ernährungsmed* 38:23,30
69. Schwartz MW, Woods SC, Porte D, Jr., Seeley RJ, Baskin DG (2000) Central nervous system control of food intake. *Nature* 404:661-671
70. Schwartz SE, Levine RA, Weinstock RS, Petokas S, Mills CA, Thomas FD (1988) Sustained pectin ingestion: effect on gastric emptying and glucose tolerance in non-insulin-dependent diabetic patients. *The American journal of clinical nutrition* 48:1413-1417
71. Sierra M, Garcia JJ, Fernandez N, Diez MJ, Calle AP (2002) Therapeutic effects of psyllium in type 2 diabetic patients. *European journal of clinical nutrition* 56:830-842
72. Sood N, Baker WL, Coleman CI (2008) Effect of glucomannan on plasma lipid and glucose concentrations, body weight, and blood pressure: systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition* 88:1167-1175
73. Story JA, Kritchevsky D (1976) Comparison of the binding of various bile acids and bile salts in vitro by several types of fiber. *The Journal of nutrition* 106:1292-1294
74. Stubbs RJ, Harbron CG, Murgatroyd PR, Prentice AM (1995) Covert manipulation of dietary fat and energy density: effect on substrate flux and food intake in men eating ad libitum. *The American journal of clinical nutrition* 62:316-329
75. Stubbs RJ, Ritz P, Coward WA, Prentice AM (1995) Covert manipulation of the ratio of dietary fat to carbohydrate and energy density: effect on food intake and energy balance in free-living men eating ad libitum. *The American journal of clinical nutrition* 62:330-337
76. Stubbs RJ, Johnstone AM, Harbron CG, Reid C (1998) Covert manipulation of energy density of high carbohydrate diets in 'pseudo free-living' humans. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity* 22:885-892
77. Stubbs RJ, Johnstone AM, O'Reilly LM, Barton K, Reid C (1998) The effect of covertly manipulating the energy density of mixed diets on ad libitum food intake in 'pseudo free-living' humans. *International journal of obesity and related metabolic disorders : journal of the International Association for the Study of Obesity* 22:980-987

78. Toeller M (2005) Evidenz-basierte Ernährungsempfehlungen der Behandlung und Prävention des Diabetes mellitus. *Diabetes und Stoffwechsel* 2005 14:75-94
79. Tschop M, Smiley DL, Heiman ML (2000) Ghrelin induces adiposity in rodents. *Nature* 407:908-913
80. Tschop M, Wawarta R, Riepl RL, Friedrich S, Bidlingmaier M, Landgraf R, Folwaczny C (2001) Post-prandial decrease of circulating human ghrelin levels. *Journal of endocrinological investigation* 24:RC19-21
81. Waller SM, Vander Wal JS, Klurfeld DM, McBurney MI, Cho S, Bijlani S, Dhurandhar NV (2004) Evening ready-to-eat cereal consumption contributes to weight management. *Journal of the American College of Nutrition* 23:316-321
82. Walsh DE, Yaghoubian V, Behforooz A (1984) Effect of glucomannan on obese patients: a clinical study. *International journal of obesity* 8:289-293
83. Wren AM, Small CJ, Abbott CR, Dhillon WS, Seal LJ, Cohen MA, Batterham RL, Taheri S, Stanley SA, Ghatei MA, Bloom SR (2001) Ghrelin causes hyperphagia and obesity in rats. *Diabetes* 50:2540-2547
84. Zhang JV, Ren PG, Avsian-Kretchmer O, Luo CW, Rauch R, Klein C, Hsueh AJ (2005) Obestatin, a peptide encoded by the ghrelin gene, opposes ghrelin's effects on food intake. *Science* 310:996-999

7 DANKSAGUNG

Mein ausdrücklicher Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. V. Schusdziarra für die Überlassung des Themas, die professionelle Unterstützung und die kompetente Betreuung. Ich konnte mich jederzeit bei allen Fragen an Prof. Dr. V. Schusdziarra wenden und fühlte mich immer sehr gut beraten. Mein Dank gilt auch besonders Frau M. Hausmann für die umfassende Betreuung und für all die Hilfe und Zusammenarbeit bei Unklarheiten, Fragen und Ähnlichem. Danke auch an alle anderen Mitarbeiter am Zentrum für Prävention, Ernährung und Sportmedizin am Klinikum rechts der Isar, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben. Zuletzt danke ich allen Patienten, die mir die Erstellung dieser Dissertation erst möglich machten.