

Ballaststoffe

Grundlagen – präventives Potenzial – Empfehlungen für die Lebensmittelauswahl

Petra Schulze-Lohmann, Kiel

Ballaststoffe sind Bestandteile pflanzlicher Lebensmittel, die vom menschlichen Enzymsystem nicht abgebaut werden können. Neben einer fördernden Wirkung auf die Magen-Darm-Passage konnte für Ballaststoffe ein hohes präventives Potenzial für viele ernährungsmitbedingte Krankheiten nachgewiesen werden. In der Ernährungsberatung sollte daher ein besonderes Augenmerk auf einen ausreichenden Ballaststoffverzehr gelegt werden.

Definition und Grundlagen

Zu den Ballaststoffen zählen vorwiegend unverdauliche Kohlenhydrate (z. B. Zellulose, Hemizellulose, Pektin), Lignin, nichtverdauliche Oligosaccharide (z. B. Oligofruktose, Inulin), Oligosaccharide der Raffinosefamilie (Raffinose, Stachyose, Verbascose) und die ebenfalls nicht durch α -Amylasen spaltbare resistente Stärke. Die meisten Ballaststoffe sind als hochmolekulare Polysaccharide den Kohlenhydraten zuzuordnen. Einzige Ausnahme ist der Holzstoff Lignin als ein Kondensationsprodukt von Phenolcarbonsäuren (Coniferyl- und Sinapinalkohole).

In der Pflanze finden sich Ballaststoffe sowohl als Zellwandbestandteile (z. B. Zellulose, Hemizellulose, Pektin oder Lignin) als auch intrazellulär (z. B. Pflanzenschleime oder

-gummen und Speicherpolysaccharide). Überwiegend bestehen Ballaststoffe aus den Monosacchariden Glukose, Fruktose, Arabinose und Ribose sowie aus verschiedenen Derivaten der Monosaccharide, die aufgrund spezieller Bindungen (z. B. β -1,3-, β -1,4-glykosidisch) resistent gegenüber Verdauungsenzymen sind (♦ Tabelle 1). Zellulose als die am häufigsten in der Biosphäre vorkommende Verbindung besteht ausschließlich aus β -1,4-glykosidisch gebundenen Glukoseeinheiten. Hierfür fehlen den Säugern – anders als bei der α -glykosidisch gebundenen Glukose in Stärke bzw. Glykogen – die spezifischen Zellulasen. Nur Wiederkäuer verfügen über spezielle Bakterien im Darm, die entsprechende Enzyme produzieren und demzufolge zellulosehaltige Pflanzenteile wie Stroh zum Teil aufspalten und damit der Resorption zuführen können [1].

Ballaststoffe werden nach der Löslichkeit in Wasser in unlösliche und lösliche Ballaststoffe eingeteilt (♦ Tabelle 2). Die wasserunlöslichen Ballaststoffe weisen im Vergleich zu den wasserlöslichen eine deutlich höhere Quellfähigkeit bzw. Wasserbindungskapazität auf, während der bakterielle Abbau durch die Dickdarmflora vergleichsweise gering ist.

Aufgrund ihrer funktionellen Eigenschaften wie Quellfähigkeit und Gelbildung werden Ballaststoffe auch vielfach in der Lebensmittelindustrie genutzt, u. a. zur Stabilisierung oder Veränderung von Konsistenzen. Auf diese Weise kann z. B. einer Entmischung von Kakao entgegengewirkt, Fruchtstücke in Jogurt in Schwebe

gehalten oder Speisen für Menschen mit Schluckstörungen in eine schluckfähige Konsistenz gebracht werden. Typische Beispiele für die hier eingesetzten Ballaststoffe sind Johannisbrotkernmehl, Carrageen, Pektin, Agar-Agar oder Gummi arabicum.

Wirkungen auf Organ- und Stoffwechselfunktionen

Ballaststoffe haben vielfältige Wirkungen im Organismus (♦ Abbildung 1). Zu den charakteristischen Eigenschaften von Ballaststoffen gehören

- das Quell- bzw. Wasserbindungsvermögen,
- die Erhöhung der Viskosität des Speisebreies,
- die Erhöhung des Sättigungsgefühls,
- die Verfügbarkeit für die Fermentation,
- die Bindungskapazität für Gallensäuren.

Die Zunahme der Viskosität des Speisebreies durch Ballaststoffe führt zu einer Verzögerung der Magenentleerung [4], zu einer Verbesserung der Sättigung – u. a. aufgrund der Magendehnung – sowie zu einem langsameren Anstieg des Blutglukosespiegels [5] mit geringeren Maximalwerten als bei ballaststoffarmer Ernährung [6]. Auch eine Verdickung der **unstirred layer** mit der Folge einer verminderten Resorption von Glukose, Cholesterin und Fettsäuren wird bei langfristig erhöhter Ballaststoffaufnahme beobachtet [5].

Glossar

unstirred layer = unbewegliche Wasserschicht auf der Oberfläche des Magen- und Darmepithels

Das hohe Wasserbindungsvermögen der wasserunlöslichen Ballaststoffe führt zu einer Erhöhung des Stuhlvolumens, dementsprechend zu einer stärkeren Peristaltik und einer Verkürzung der Transitzeit im Dickdarm. Bei den meisten Erwachsenen schwankt die intestinale Transitzeit der Nahrung zwischen etwa 24 und 192 Stunden und wird im Wesentlichen durch die Änderung der Passagezeit im Kolon bedingt [7].

Schon Untersuchungen in den 1980er Jahren [8] zeigten den von der jeweiligen Herkunft abhängigen Effekt von Ballaststoffen auf das Stuhlgewicht. Der höchste Effekt wurde nach Gabe von Vollkornbrot erzielt, die Erhöhung des Stuhlgewichtes nach Gabe von Obst und Gemüse war vergleichsweise gering. Die dort in höherem Umfang vorhandenen löslichen Ballaststoffe zeigen zwar *in vitro* die höchste Wasserbindungskapazität, die aber *in vivo* infolge des bakteriellen Abbaus wieder verloren geht [7]. Die Erhöhung des Stuhlgewichtes resultiert sowohl aus den unverstoffwechselten Resten der Ballaststoffe durch ihre erhöhte Wasserbindung als auch aus der Erhöhung der Bakterienmasse.

Aus der vornehmlich im proximalen Kolon stattfindenden Fermentation der wasserlöslichen Ballaststoffe (z. B. Pektine, β -Glukane und Pflanzengummen) durch die Bakterienflora entstehen vor allem kurzkettige Fettsäuren wie Acetat, Propionat und Butyrat sowie Wasserstoff. Hieraus resultiert ein leicht saures Milieu mit einem pH-Wert zwischen 5,5 und 6,5. Butyrat dient der Kolonschleimhaut als Energie lieferndes Substrat, während Acetat und Propionat nach der Resorption mit dem Pfortaderblut abtransportiert werden. Ein Mangel an Butyrat hat eine Verringerung der Barrierefunktion sowie eine Förderung der Translokation, d. h. einen erhöhten Übertritt von Bakterien und Endotoxinen aus dem Darmlumen in die Blut- bzw. Lymphbahn, zur Folge [7]. Gleich-

zeitig wird die Zellproliferation der Kolonschleimhaut gestört und damit die Karzinogenese begünstigt [9].

Im Fall ihrer Absorption stellen diese kurzkettigen Fettsäuren eine zusätzliche Energiequelle dar. Nach der RICHTLINIE 2008/100/EG der Kommission vom 28. Oktober 2008 sind 70 % der Ballaststoffe in herkömmlichen Lebensmitteln fermentierbar, was zu einem durchschnittlichen Energiewert der Ballaststoffe von 8,4 kJ/g (2 kcal/g) führt [10].

Die Bindung von primären Gallensäuren durch Ballaststoffe verhindert deren Rückresorption und kann somit zu einer Senkung der Cholesterolkonzentration beitragen. Auch die Hemmung der Cholesterolsynthese in der Leber trägt hierzu bei [4]. Eine fleisch- bzw. eiweißreiche Ernährung führt zu einer vermehrten

Anflutung von Ammoniak. Die Bindung von Ammoniak durch Ballaststoffe führt zu einer erhöhten fäkalen Stickstoffausscheidung und damit zu einer Entlastung von Leber und Niere [1]. Eine ebenfalls auftretende erhöhte Bindung von mehrwertigen Kationen (Kalzium, Magnesium, Eisen, Zink; sog. *cage effect*), deren Absorption dadurch negativ beeinflusst wird, ist bei ausgewogener Mischkost unproblematisch, da ballaststoffreiche Lebensmittel wie Vollkornprodukte, Gemüse und Obst einen hohen Anteil an Mineralstoffen enthalten.

Präventives Potenzial: Ergebnisse aus der Leitlinie KH der DGE

Ballaststoffe spielen in der Prävention zahlreicher ernährungsmitbedingter Krankheiten eine entschei-

| Vorkommen | Ballaststoffgruppe | Struktur-/Hauptelemente | Einzelbestandteile Charakteristik |
|--|-----------------------------|---|--|
| lignifiziertes Pflanzengewebe (v. a. Getreide) | Lignin | Phenylpropan | komplex vernetzt |
| | Zellulose | Glukane β (1 \rightarrow 4) | |
| | Hemizellulosen | Xylane, Mannane, Galaktane | Arabinose, Glukuronsäure, Galaktose, Xylose, Glukose |
| parenchymatisches Pflanzengewebe | Pektine | Galakturonane, Galakturonorhamnane | Arabinose, Galaktose, Xylose, Fukose |
| | Exsudate und Schleimstoffe | Galaktane, Mannane, Galakturonorhamnane | Arabinose, Galaktose, z. T. sulfatiert, z. T. dehydroxyliert |
| Algen, Flechten, Pilze, Bakterien | verschiedene Polysaccharide | Mannuronane, Galaktane, Glukane, Glukosamine | z. T. sulfatiert, z. T. dehydroxyliert, z. T. methyliert |
| Syntheseprodukte | modifizierte Kohlenhydrate | Glukane β (1 \rightarrow 4), α (1 \rightarrow 4) Mono-, Di-, Oligosaccharide | Ether, Ester reduziert zu Alkoholen |
| Milch | Laktose | Galaktosido-Glukose | |

Tab. 1: Vereinfachte Übersicht und Struktur von Ballaststoffen (verändert nach [2])

dende Rolle. In der evidenzbasierten Leitlinie „Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten“ der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) [11], die die wissenschaftliche Datenlage mit den Härtegraden „überzeugende“, „wahrscheinliche“, „mögliche“ und „unzureichende“ Evidenz für eine präventive Wirkung bewertet, konnte dies eindrucksvoll belegt werden.

Prävention der Adipositas

Interventionsstudien zum Einfluss von Ballaststoffen auf die Prävention von Adipositas liegen bisher nicht vor. Die Mehrzahl der ausgewerteten Kohortenstudien zeigte einen invers signifikanten Zusammenhang zwischen der Ballaststoffzufuhr und der Veränderung des Körpergewichts

(wahrscheinliche Evidenz) [11–13]. Die EPIC-Studie zeigte bei einer Erhöhung der Ballaststoffzufuhr von durchschnittlich 23 g/Tag um 10 g/Tag eine Verringerung des Gewichtsanstiegs der Interventions- im Vergleich zur Kontrollgruppe [12]. Kohortenstudien, die sich speziell mit der Zufuhr von Vollkornprodukten und deren Auswirkungen auf das Körpergewicht beschäftigten, zeigten ebenfalls einen positiven Einfluss (mögliche Evidenz) [14, 15]. Folgende Wirkungen von Ballaststoffen für einen Beitrag zur Vermeidung von Übergewicht werden diskutiert:

- Eine ballaststoffreiche Kost hat trotz geringer Energiedichte eine hohe Sättigungswirkung.
- Die verzögerte Magenentleerung führt zu einer verlangsamten Blutzuckerantwort mit verminderter

Insulinsekretion, die wiederum eine verminderte Speicherung von Fett begünstigt [16].

- Die verstärkte Magenwanddehnung stimuliert die Ausschüttung von Sättigungshormonen [17].

Für Kinder und Jugendliche konnten positive Auswirkungen auf das Gewicht bisher nicht nachgewiesen werden [11].

Prävention des Diabetes mellitus Typ 2

Zwischen der Gesamtzufuhr an Ballaststoffen und der Senkung des Diabetesrisikos fand sich laut Leitlinie der DGE (mit möglicher Evidenz) kein Zusammenhang [11]. Für eine hohe Zufuhr von Getreideballaststoffen sowie von Vollkornprodukten dagegen konnte nach Auswertung verschiedener Kohortenstudien ein geringeres Diabetesrisiko ermittelt werden (wahrscheinliche Evidenz) [18, 19], das vermutlich auf eine Verbesserung der Insulinsensitivität zurückzuführen ist [20]. Für Ballaststoffe aus Obst und Gemüse konnten entsprechende positive Assoziationen dagegen nicht festgestellt werden [20].

Prävention von Dyslipoproteinämien

Dyslipoproteinämien, insbesondere Hyperlipoproteinämien, sind Risikofaktoren der koronaren Herzkrankheit (KHK). Besondere Bedeutung haben erhöhte LDL- und erniedrigte HDL-Plasma-Konzentrationen sowie ein ungünstiger Gesamtcholesterol/HDL-Quotient [21, 22].

In der Leitlinie KH der DGE [11] wird festgestellt, dass ein erhöhter Konsum von Vollkornprodukten bzw. Ballaststoffen die Konzentrationen von Gesamt- und LDL-Cholesterol im Plasma mit überzeugender bzw. möglicher Evidenz senkt [11]. Eine wesentliche Wirkung der Ballaststoffe besteht darin, dass ballaststoffreiche Lebensmittel meist einen niedrigeren Gehalt an gesättigten

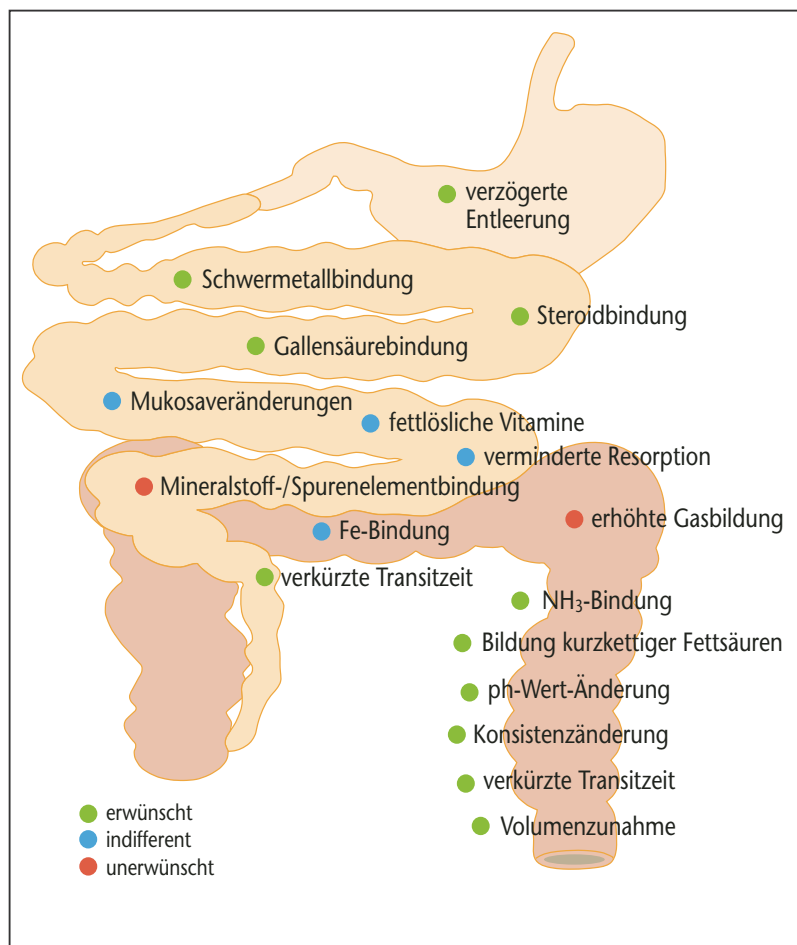


Abb. 1: Wirkungen von Ballaststoffen im Magen-Darm-Trakt (verändert nach [1])

Fettsäuren und Cholesterol aufweisen [23] bzw. eine zumeist günstigere Fettsäurezusammensetzung einer ballaststoffreichen im Vergleich zu einer ballaststoffarmen Kost vorliegt [24].

Lösliche Ballaststoffe senken die Konzentration an Gesamt- sowie LDL-Cholesterol [23, 25]. Der Mechanismus erfolgt zum einen durch die Bindung von Cholesterol und Gallensäuren im Darmlumen. Neue Gallensäuren werden nachfolgend über eine vermehrte Aufnahme von LDL-Cholesterol aus dem Blut synthetisiert. Weiterhin wird durch die bei der Fermentation von Ballaststoffen entstehenden kurzkettigen Fettsäuren die Cholesterolsynthese in der Leber gehemmt und demzufolge die Konzentration von LDL-Cholesterol im Plasma gesenkt [26, 27]. Unlösliche Ballaststoffe wirken erst in höheren Konzentrationen Cholesterol senkend. Das Ergebnis aller in der KH-Leitlinie ausgewerteten Studien zeigt, dass die Konzentration von HDL-Cholesterol im Plasma durch die Höhe der Ballaststoffzufuhr nicht beeinflusst wird [11]. Ausnahmen bilden Psyllium und Guar, für die in speziellen Untersuchungen eine geringfügige Senkung des HDL-Cholesterols im Plasma nachgewiesen wurde [23]. Für die Triglyzeridkonzentration im Plasma konnte kein Zusammenhang zur Höhe der Ballaststoffzufuhr aufgezeigt werden [11]. Einzige Ausnahme sind hier die β -Glukane aus Gerste, für die in einer Meta-Analyse mit acht Interventionsstudien eine signifikante Senkung des Triglyzeridspiegels nachgewiesen wurde [28].

Prävention der Hypertonie

Hypertonie gilt als wesentlicher Risikofaktor für die KHK. Die Zusammenfassung der in der Leitlinie KH aufgeführten Kohortenstudien zeigt eine Senkung des Risikos für Bluthochdruck bei einer Steigerung der Ballaststoffzufuhr sowie bei einem erhöhten Verzehr von Vollkornprodukten. Eine Unterscheidung nach

dem Einfluss löslicher bzw. unlöslicher Ballaststoffe ist nach derzeitiger Studienlage nicht möglich. Viele Kohortenstudien haben jedoch einen protektiven Zusammenhang zwischen Obst- und Gemüseverzehr und der Senkung des Blutdrucks belegt [29]. Worauf der Effekt auf die Blutdruckregulation beruht – auf der Veränderung des Körpergewichts und der Fettverteilung vom viszeralen in subkutanen Fett oder auf Veränderungen im Insulin-/Glukosestoffwechsel – ist derzeit noch nicht ausreichend erforscht [11].

Prävention der koronaren Herzkrankheit (KHK)

Die KHK stellt eine der wichtigsten ernährungsmitbedingten Krankheiten dar. Auch hier spielt eine Erhöhung der Ballaststoffzufuhr eine entscheidende Rolle, da sie zur Verringerung erhöhter Blutdruckwerte und der Gesamt- und LDL-Cholesterolkonzentration beiträgt, die Insulinsensitivität und Glukosetoleranz verbessert sowie bei adipösen Personen zu einer Körpergewichtsreduktion

führt [30]. Mit möglicher Evidenz wirken Ballaststoffe aus Getreideprodukten und Obst protektiv, während Ballaststoffe aus Gemüse vermutlich keinen positiven Effekt haben [11]. Präventiv bezüglich der KHK wirken sowohl lösliche als auch unlösliche Ballaststoffe, der Effekt der löslichen Ballaststoffe ist jedoch deutlich ausgeprägter [31].

Prävention von Krebserkrankungen

Nach Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind Ernährungs- und andere Lebensstilfaktoren für etwa ein Drittel der Krebserkrankungen verantwortlich [32], eine besondere Bedeutung kommt dem Übergewicht zu [33]. Hier kann eine ballaststoffreiche Ernährung, die in der Regel eine geringere Energiedichte aufweist, positiv wirken [23]. Ein weiterer Mechanismus resultiert aus den durch die mikrobielle Fermentation der Ballaststoffe im Dickdarm entstehenden kurzkettigen Fettsäuren (z. B. Butyrat). Diese verringern möglicherweise die Schädigung

| | |
|--------------------------|---|
| Unlösliche Ballaststoffe | Zellulose |
| | Hemizellulose |
| Lösliche Ballaststoffe | Lignin |
| | Meeresalgenextrakte – Alginsäure – Agar – Carrageen ¹ |
| | Pflanzenexsudate |
| | – Gummi arabicum – Traganth |
| | Samenschleime |
| | – Johannisbrotkernmehl – Guarkernmehl – Leinsamenschleim – Psyllium ² |
| | Zellulosederivate |
| | <small>¹Carrageen = eine Sammelbezeichnung für eine Gruppe langkettiger Kohlenhydrate (Polysaccharide), die wie die ähnlichen Substanzen Agar-Agar oder Alginat in den Zellen verschiedener Rotalgenarten vorkommen. Carrageen ist als Lebensmittelzusatzstoff ohne Höchstmengenbeschränkung zugelassen. ²Psyllium = ein wasserlösliches, mehrfach verzweigtes Polysaccharid. Dieser Ballaststoff zählt zur Gruppe der Pflanzenschleime und wird vorwiegend aus den Samen und Samenschalen der Pflanze <i>Plantago ovata</i> (Flohhsamen) gewonnen.</small> |

Tab. 2: Einteilung in unlösliche und lösliche Ballaststoffe (modifiziert nach [3])

gung des Erbguts, steigern die Aktivität von Entgiftungsenzymen und hemmen oder stoppen das Wachstum der Darmtumorzellen [11].

Für den positiven Einfluss von Ballaststoffen bei malignen Tumoren in Speiseröhre, Gebärmutter-schleimhaut, Magen und Pankreas ist die Evidenz derzeit unzureichend bzw. liegen keine entsprechenden Studien vor. Zwischen der Zufuhr von Ballaststoffen und dem Risiko für maligne Tumoren in der Brust besteht (mit möglicher Evidenz) kein Zusammenhang [11].

Bei Kolorektalkarzinomen hingegen konnte mit wahrscheinlicher Evidenz ein risikosenkender Einfluss von Ballaststoffen aus Getreideprodukten, mit möglicher Evidenz auch von Gesamtballaststoffen festgestellt werden [34]. Für maligne Tumore im Magen konnte mit möglicher Evidenz eine Risikoverringerung bei hoher Zufuhr speziell von Ballaststoffen aus Getreideprodukten verzeichnet werden [35]. Dieses wird vom letzten Bericht der internationalen Krebsforschungsgesellschaft (World Cancer Research Fund; WCRF) von Juli 2011 gestützt, der eine weitere Verbesserung der Beweislage für einen schützenden Effekt von Ballaststoffen postuliert [36].

Zusammenfassend kommen die Autoren der Leitlinie KH zu dem Ergebnis, dass einer hohen Ballaststoffzu-

fuhr ein erhebliches Präventionspotenzial zugesprochen werden kann. Die Ballaststoffe insgesamt und vor allem Vollkornprodukte als ballaststoffreiche Lebensmittel senken die Risiken für diverse ernährungsmitbedingte Krankheiten [11]. Allerdings weisen die verschiedenen Ballaststoffe auch immer verschiedene Wirkungen auf. Für die Praxis bedeutet dies, eine vielfältige und ausgewogene Ernährung mit einem hohen Anteil an Vollkornprodukten sowie Gemüse und Obst umzusetzen, um ein möglichst breites Spektrum verschiedener löslicher und unlöslicher Ballaststoffe zu gewährleisten.

Empfehlungen für die Lebensmittelauswahl

Soll- und Ist-Aufnahme von Ballaststoffen

In den D-A-CH Referenzwerten [37] wird eine tägliche Aufnahme von mindestens 30 g Ballaststoffen pro Tag empfohlen. Daraus resultiert eine Ballaststoffdichte von 16 g pro 1 000 kcal bei Frauen und von 12,5 g pro 1 000 kcal bei Männern (Altersgruppe 25–51 Jahre; PAL 1,4). Die Leitlinie „Ernährungsempfehlungen zur Behandlung und Prävention des Diabetes mellitus“ sieht sogar > 40 g Ballaststoffe pro Tag bzw. mindestens 20 g pro 1 000 kcal für Typ-1- und Typ-2-Diabetiker vor [38]. Für Kinder werden als Richtwert 10 g Ballaststoffe pro 1 000 kcal angege-

ben [37]. Ungefähr die Hälfte der Ballaststoffe sollte aus Getreideprodukten, die andere Hälfte aus Obst und Gemüse stammen.

Laut Ergebnissen der Nationalen Verzehrsstudie II weisen mit 23 bzw. 25 g pro Tag 75 % der Frauen und 68 % der Männer eine Ballaststoffzufuhr unter dem genannten Richtwert von mindestens 30 g pro Tag auf [39]. Für Heranwachsende zeigte sich in den Ergebnissen der EsKiMo-Studie eine Unterschreitung des geforderten Referenzwertes von 10 g Ballaststoffen pro 1 000 kcal bei mehr als der Hälfte der beobachteten Kinder und Jugendlichen [40]. Eine gezielte Lebensmittelauswahl ist erforderlich, um die Aufnahme zu steigern. Die wesentlichen Quellen der Ballaststoffaufnahme in Deutschland sind vor allem Brot, Obst und Obsterzeugnisse, Gemüse, Pilze und Hülsenfrüchte [36, 39]. Da die Leitlinie KH insbesondere die Bedeutung von Vollkornprodukten für die Prävention ernährungsmitbedingter Krankheiten darlegt, sollte hierauf ein besonderer Fokus in der Ernährungsberatung gelegt werden. Umsetzungsvorschläge dazu finden sich bereits bei [41] und [42].

Eine Erhöhung der Ballaststoffzufuhr kann zu unerwünschten Nebenwirkungen durch eine aus dem mikrobiellen Abbau resultierende Gasbildung (primär Methan und

| Brotart | Ballaststoffe (g/Scheibe) | Energie (kcal) | Ballaststoffdichte (g/1000 kcal) |
|---|---------------------------|----------------|----------------------------------|
| 1 Scheibe Weißbrot (30 g) | 1,0 | 73 | 13,7 |
| 1 Scheibe Weizen-Mischbrot (45 g) | 1,9 | 106 | 17,9 |
| 1 Scheibe Roggen-Mischbrot (45 g) | 2,8 | 101 | 27,2 |
| 1 Scheibe Weizen-Vollkornbrot (50 g) | 3,7 | 102 | 36,3 |
| 1 Scheibe Roggen-Vollkornbrot (50 g) | 4,1 | 99 | 41,4 |
| 1 Scheibe Pumpernickel (30 g) | 2,7 | 48 | 56,3 |
| 1 Scheibe Knäckebrot mit Kleie (10 g) | 1,5 | 32 | 46,9 |
| 1 Croissant, Blätterteig (70 g) | 1,5 | 357 | 4,2 |
| 1 Scheibe Knäckebrot mit Milchanteilen (10 g) | 0,3 | 37 | 8,1 |

Tab. 3: Ballaststoff- und Energiegehalt verschiedener Brotsorten (nach BLS 3.01)

Zur Deklaration von Ballaststoffen

Machen die Hersteller auf der Verpackung von Lebensmitteln Angaben zu Ballaststoffen, so müssen sie in der Nährwerttabelle den konkreten Ballaststoffgehalt angeben. Wird das Wort „Ballaststoffquelle“ benutzt, müssen mindestens 3 g Ballaststoffe pro 100 g, bzw. 1,5 g pro 100 Kilo-kalorien (kcal) enthalten sein. Bei der Angabe „Hoher Ballaststoffgehalt“ muss das Lebensmittel mindestens 6 g Ballaststoffe in 100 g, bzw. 3 g pro 100 kcal aufweisen [43].

CO₂) führen, die unter Umständen Blähungen, Druck- und Völlegefühl oder Bauchschmerzen auslöst. Menschen, die sich bislang ballaststoffarm ernährt haben, sollten sich daher Schritt für Schritt an eine ballaststoffreichere Ernährung herantasten. Bei einer langsamen Steigerung der täglichen Aufnahme findet eine allmähliche Adaptation statt und die Beschwerden verschwinden. Wichtig ist die gleichzeitige Beachtung einer ausreichenden Flüssigkeitsmenge, damit die Ballaststoffe im Darm quellen können.

Brot und Getreideprodukte

Die Brotaufnahme liegt derzeit bei 178 g/Tag (Männer) bzw. 133 g/Tag (Frauen) [38]. Bei reiner Aufnahme von Weißbrot würde aus dem derzeitigen Brotverzehr eine Zufuhr von 5,9 g bzw. 4,4 g Ballaststoffen resultieren, die sich bei Aufnahme von Vollkornbrot auf 14,2 g bzw. 10,6 steigern ließe. Nach dem repräsentativen GfK-Consumerpanel beträgt der Marktanteil von Vollkornbroten seit Jahren konstant 10 % [44] und liegt damit auf einem niedrigen Niveau. Die DGE empfiehlt eine Aufnahme von ca. 200–300 g Brot oder 200–250 g Brot + ca. 50 g Getreideflocken pro Tag. Würde diese Empfehlung in Form von Vollkornbrot umgesetzt, entspräche das einer Ballaststoffmenge von 16 bis 24 g. Somit wäre allein über diese Veränderung ein wesentlicher Beitrag für die ausreichende Versorgung mit Ballaststoffen möglich. Bei der Fülle von Brotsorten muss der Verbraucher allerdings auf die Deklaration schauen

und vergleichen. Besonders bei Knäckebrot ist der Markt extrem vielschichtig, es finden sich Produkte mit Gehalten zwischen 1,5 bis 25 g Ballaststoffen pro 100 g. Hier gilt es auch den Fett- und Energiegehalt zu beachten, damit eine hohe Ballaststoffzufuhr nicht mit einer zu hohen Energiezufuhr einhergeht.

Dass immer das gesamte Lebensmittel und nicht der einzelne Nährstoff betrachtet werden muss, wird in ♦Tabelle 3 anhand des Vergleichs einer Scheibe Knäckebrot mit Kleie mit einem Croissant deutlich: Bei gleichem Ballaststoffgehalt pro Scheibe/Stück beträgt der Energiegehalt eines Croissants ungefähr das 11-fache des Knäckebrots.

Müsli bzw. Getreideflocken können ebenfalls wertvolle Quellen für Ballaststoffe sein. Die Recherche der der-

zeit im Handel vertretenen Produkte zeigt allerdings ein nahezu unüberschaubares Potpourri aus Produkten, deren Ballaststoffgehalt zwischen 1 g und 25 g/100 g liegt. Problematisch ist zudem, dass der Griff nach einem besonders ballaststoffreichen Produkt häufig herstellerbedingt mit einem (sehr) hohen Zuckergehalt verbunden sein kann. Für die praktische Umsetzung ist hier in jedem Fall das Mischen von ungesüßten Vollkornflocken mit gegebenenfalls Vollkornflakes und frischem oder wahlweise getrocknetem Obst empfehlenswert.

Wenngleich Backwaren aufgrund ihres zumeist hohen Zucker- und Fettgehalts nicht täglich verzehrt werden sollten, bieten sie eine gute Möglichkeit, durch den Einsatz von Mehlen mit möglichst hohem Anteil an Vollkorn die Ballaststoffzufuhr weiter zu erhöhen. ♦Tabelle 4 gibt die Ballaststoffgehalte der verschiedenen Mehltypen an. Gerade bei Obst- oder Rührkuchen mit kräftigen Aromen bieten sich aufgrund der Sensorik entsprechende Rezepturen an. Bei Kindern zumeist sehr beliebte Süßspeisen helfen, den Ballaststoffanteil auch für diese Zielgruppe deutlich zu erhöhen. Zum Beispiel werden mit 100 g Vollkornmehl pro Pfannkuchen bereits 10 g Ballaststoffe aufgenommen.

| | Mehltype | Ballaststoffe (g/100 g) |
|---------------|-------------------|-------------------------|
| Weizen | Type 405 | 2,8 |
| | Type 550 | 3,5 |
| | Type 1050 | 5,2 |
| | Type 1600 | 6,4 |
| | Type 1700 | 9,2 |
| | Vollkorn(-schrot) | 10,0 |
| Roggen | Type 815 | 6,5 |
| | Type 1150 | 7,7 |
| | Type 1370 | 9,0 |
| | Type 1740 | 10,7 |
| | Type 1800 | 12,0 |
| | Vollkorn(-schrot) | 13,4 |
| Dinkel | Type 630 | 3,7 |
| | Vollkornmehl | 8,3 |

Tab. 4: Ballaststoffgehalt verschiedener Mehltypen (nach BLS 3.01)

Besonders interessant ist eine in den letzten Jahren in den Fokus gerückte spezielle Gerste, die – verglichen mit üblichen Gerstensorten bzw. Hafer – mit über 6 % β -Glukanen das 1,5-fache, verglichen mit den anderen Brotgetreidearten sogar bis zum 12-fachen, dieses löslichen Ballaststoffes im geschliffenen Korn enthält. Im Oktober 2010 hat die European Food and Safety Authority (EFSA) den Health Claim für die positive Wirkung der β -Glukane aus Gerste und aus Hafer auf die Cholesterolkonzentration im Blut aus wissenschaftlicher Sicht befürwortet (allgemeine Liste, Art. 13.1). Zusätzlich wurde ein wirkungsbezogener Health Claim nach Art. 14 sowohl für Hafer als auch für Gerste beantragt: „...beta-Glucan senkt/verringert den Cholesterinspiegel im Blut. Die Senkung des Blutcholesterinspiegels kann das Risiko einer koronaren Herzerkrankung verringern“. Für den Claim nach Art. 13 muss eine Portion eines verzehrfertigen Lebensmittels dafür mindestens 0,75 g β -Glukan, nach Art. 14 mindestens 1 g β -Glukan

enthalten. Abgesehen von der Möglichkeit, diese Gerste in Brot und Backwaren zu verarbeiten, könnte sich der Verbraucher auch an alte Rezepturen wie die Graupen- oder Gerstlsuppe zurückbesinnen. Schon ein Teller mit 4 El Graupen genügt, um (bei gleichzeitig niedriger Energiedichte) eine entsprechende Menge an β -Glukanen aufzunehmen.

Für Zöliakie-Betroffene, die keine heimischen Getreidesorten vertragen, müssen ballaststoffreiche Alternativen gefunden werden. Maismehl z. B. weist mit 9,2 g Ballaststoffen/100 g hohe Gehalte auf. Amaranth-, Hirse-, Reis- und Buchweizenmehle liegen mit Werten zwischen 1,4 und 3,2 g Ballaststoffen/100 g allerdings deutlich niedriger. Hier besteht jedoch die Möglichkeit, z. B. Soja- (18,5 g/100 g) oder Erbsenmehl (12,2 g/100 g) in Teige einzumischen. Viele Rezepte enthalten auch Zusätze von Guarkernmehl (80 g/100 g) und Leinsamen (22 g/100 g).

Auch bei Teigwaren ist die Nutzung von Vollkornvarianten sinnvoll. Während Vollkornnudeln 5,2 g Ballaststoffe/100 g aufweisen, sind dies bei Nudeln aus Auszugsmehl nur 2,3 g. Reis weist insgesamt sehr geringe Ballaststoffgehalte auf. Gekochter ungeschälter Reis enthält 0,8 g, parboiled Reis nur 0,5 g Ballaststoffe/100 g. Effektiver zur Verbesserung der Ballaststoffzufuhr ist hier der Einsatz von z. B. Bulgur (10,3 g/100 g), Couscous (6,1 g/100 g) oder Ebly® (ein speziell vorgegartes Hartweizen mit 6,1 g/100 g).

Gemüse und Obst

Für die Ernährungsberatung gilt weiterhin, neben der ausreichenden Versorgung mit Vollkornprodukten, ein besonderes Augenmerk auf die „5 am Tag“-Kampagne zu legen, da hier die Wahrscheinlichkeit einer ausreichenden Ballaststoffzufuhr sehr hoch ist und gleichzeitig die gesamte Ernährung durch den hohen Anteil an Gemüse und Obst mit einer vergleichsweise geringen Energiedichte

| Gemüse | Ballaststoffe (g/100 g) | Obst | Ballaststoffe (g/100 g) |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Schwarzwurzel, gegart | 18,4 | Himbeere | 4,7 |
| Mungobohne, Konserve | 18,0 | Kiwi | 3,9 |
| Sojabohnen, gegart | 10,0 | Johannisbeere, rot | 3,5 |
| Erbsen, Konserve | 6,6 | Rhabarber, gegart | 3,2 |
| Linsen, gegart | 4,3 | Stachelbeere | 3,0 |
| Grünkohl, gegart | 3,5 | Birne | 2,8 |
| Karotten, roh | 3,0 | Orange | 2,2 |
| Fenchel, roh | 2,2 | Erdbeere | 2,0 |
| Spinat, gegart | 2,1 | Banane | 2,0 |
| Paprika, roh | 2,0 | Apfel | 2,0 |
| Pastinake, roh | 2,0 | Mango | 1,7 |
| Kohlrabi, gegart | 1,6 | Pflaume | 1,7 |
| Spargel weiß, gegart | 1,5 | Weintraube | 1,6 |
| Tomate, roh | 1,2 | Ananas | 1,4 |
| Zucchini, gegart | 1,2 | Grapefruit | 0,6 |
| Eisbergsalat | 1,0 | Wassermelone | 0,2 |
| Gemüsesaft | 0,3 | Johannisbeersaft, schwarz | 0,0 |

Tab. 5: Ballaststoffgehalt verschiedener Gemüse- und Obstsorten (nach BLS 3.01)

der Nahrung positiv beeinflusst wird. Derzeit essen Männer im Mittel statt 400 g nur 222 g, Frauen nur 243 g Gemüse pro Tag [38]. Auch bei dem Verzehr von Obst und Obstzeugnissen unterschreiten 65 % der Männer und 59 % der Frauen die empfohlenen 250 g pro Tag. ♦ Tabelle 5 zeigt anhand von ausgewählten Gemüse- und Obstsorten, wie unterschiedlich der Gehalt an Ballaststoffen in den einzelnen Lebensmitteln ist. In ♦ Tabelle 6 finden sich drei Beispiele für den Verzehr von 5 Portionen Gemüse bzw. Obst am Tag, mittels derer auch die Empfehlung für die Aufnahme von Ballaststoffen erreicht werden kann.

Eine gute Möglichkeit, eine ballaststoffreiche Mahlzeit auf Gemüsebasis anzubieten, sind pürierte Suppen. Hier wird ein hoher Ballaststoffgehalt bereits in Verbindung mit viel Flüssigkeit angeboten, was gerade im Hinblick auf betagte Menschen mit geringer Getränkeaufnahme von Vorteil ist. Auch bei schlechtem Zahnstatus kann in Form von Suppen Gemüse immer so angeboten werden, das nur kurz gegart werden muss und demzufolge nährstoffschonend zubereitet werden kann. Weitere Anreicherungen können z. B. durch Hafer- oder Kleieflocken sowie durch Leinsamen und durch eine Garnitur mit Kürbiskernen erfolgen. In Kombination mit einer Scheibe Vollkornbrot lässt sich bereits mit einem Teller Gemüsesuppe eine Ballaststoffzufuhr von ~ 16 g erzielen! Gleichzeitig weisen solche Mahlzeiten eine ausgezeichnete Nährstoffdichte auf. Gerade für die Gemeinschaftsverpflegung bieten sich entsprechende Speisen an, da sie nicht nur ernährungsphysiologisch hochwertig, sondern auch geschmacklich leicht zu variieren sind. Der Tischgast kann entsprechend seiner Präferenzen z. B. wahlweise mit frischen Kräutern, mit Knoblauch oder Pfeffer, mit Chilipulver oder Cayennepeffer würzen. Sollte bei unterernährten Personen eine höhere Energiezufuhr erforderlich sein, kann sowohl mit Öl oder Sahne als auch

z. B. mit Produkten wie Maltodextrin auf einfache Weise energetisch angereichert werden.

Präbiotika

Neben den klassischen Quellen bietet der Lebensmittelmarkt inzwischen auch viele Produkte an, die mit Präbiotika angereichert sind. Bei Präbiotika handelt es sich um Ballaststoffe, die vor allem das Wachstum von Milchsäurebakterien mit protektiven Eigenschaften fördern sollen. Die bekanntesten Präbiotika sind Inulin, ein Polyfruktosan aus β -2,1-glykosidisch verknüpften Fruktoseeinheiten und sein Hydrolyseprodukt Oligofruktose. Vorwiegend aus Chicoree gewonnen, werden diese Ballaststoffe als funktionelle Lebensmittelzutaten z. B. Milchprodukten und Backwaren zugesetzt. In Tier- und Humanstudien ließen sich eine Reihe gesundheitsrelevanter Effekte nachweisen. Die präbiotischen Kohlenhydrate werden von der Dickdarmflora fermentiert und schaffen so ein günstiges Wachstumsklima für Bifidobakterien (niedriger pH-Wert und

hohe Kohlenhydratverfügbarkeit). Gleichzeitig hemmen sie einzelne Bakterienstämme mit pathogenem Potenzial wie *Clostridium* und verringern dabei das Durchfallrisiko. Das Stuhlgewicht und die Stuhlfrequenz werden erhöht, der Obstipation entgegen gewirkt. Die Absenkung des pH-Wertes verbessert durch eine Erhöhung der Löslichkeit die Kalzium-, Eisen- und Magnesiumabsorption im Dickdarm. In verschiedenen Tiermodellen ließen sich chemisch induzierte präkanzeröse Läsionen und längerfristig die Häufigkeit von Tumoren im Dickdarm durch 5 % bis 15 % Inulin und Oligofruktose in der Diät reduzieren. Dieser Effekt konnte durch Synbiotika – die Kombination von Prä- und Probiotika (Probiotika = definierte lebende Mikroorganismen, die in ausreichender Menge in aktiver Form in den Darm gelangen und hierbei positive gesundheitliche Wirkungen erzielen) – noch gesteigert werden. Bei Personen mit Hypercholesterolemie konnte durch Gabe von Präbiotika die Cholesterolkonzentration im Plasma gesenkt werden [32].

| | Gemüse/Obst | Ballaststoffe (g pro Portion) |
|-------------------|--|----------------------------------|
| Variante 1 | | |
| Frühstück | Apfel, roh (150 g) | 3,0 |
| Zwischenmahlzeit | Tomate, roh (120 g) | 1,6 |
| Mittagsmahlzeit | Karotte, gegart (200 g) | 6,1 |
| Zwischenmahlzeit | Ananas, roh (150 g) | 2,1 |
| Abendessen | Kohlrabi, roh (150 g) | 2,3 |
| | Summe: | 15,1 |
| Variante 2 | | |
| Frühstück | Smoothie aus Orange, Banane, Karotte (200 g) | 3,0 |
| Zwischenmahlzeit | Paprikaschote (75 g) | 2,0 |
| Mittagsmahlzeit | Erbsen-Karotten-Mischgemüse (200 g) | 8,8 |
| Zwischenmahlzeit | Kiwi (90 g) | 3,5 |
| Abendessen | Krautsalat (150 g) | 3,5 |
| | Summe: | 20,8 |
| Variante 3 | | |
| Frühstück | Tomate, roh (100 g) | 1,30 |
| Zwischenmahlzeit | Himbeere (100 g) | 4,7 |
| Mittagsmahlzeit | Schwarzwurzel, gegart (200 g) | 36,8 |
| Zwischenmahlzeit | Birne, roh (140 g) | 3,9 |
| Abendessen | Karottensalat, roh (100 g) | 3,0 |
| | Summe: | 49,7 |

Tab. 6: Beispiele für die Ballaststoffzufuhr aus Obst und Gemüse bei Umsetzung der Empfehlung „5 am Tag“

Fakten zu Ballaststoffen im Überblick

- Wesentliche Eigenschaften von Ballaststoffen sind die Wasserbindungskapazität und die Verfügbarkeit für die Fermentation.
- Daraus folgende Wirkungen wie die Erhöhung des Sättigungsgefühls, die Verlangsamung der Magenpassage, die Bindung von Cholesterin und Gallensäuren sowie die infolge der Fermentation entstehenden Produkte wie kurzkettige Fettsäuren haben entscheidende Auswirkungen auf verschiedene ernährungsmitbedingte Krankheiten.
- Bei den im Rahmen der „Evidenzbasierten Leitlinie: Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten“ ausgewerteten Studien finden sich für Adipositas, Dyslipoproteinämien, Hypertonie, koronare Herzkrankheit und Krebserkrankungen präventive Effekte.
- Vor allem ein hoher Verzehr von Vollkornprodukten reduziert das Risiko für die genannten Erkrankungen.
- Die empfohlene Aufnahme von mindestens 30 g Ballaststoffen pro Tag erfordert den Verzehr von Vollkornprodukten, Gemüse und Obst.
- Die Umsetzung dieser Kernbotschaften entlastet Ratsuchende von Detailinformationen und fokussiert für die Ernährungsberatung auf eine einfache, aber für die präventive Ernährung wesentliche Aussage.

Ballaststoffe aus Nahrungsergänzungsmitteln

Die bislang nachgewiesenen und in der DGE-Leitlinie Kohlenhydrate beschriebenen positiven Effekte von Ballaststoffen beziehen sich ausschließlich auf Studien mit dem Verzehr von ballaststoffreichen Lebensmitteln. Der Markt der Nahrungsergänzungsmittel hält zusätzlich eine Fülle von ballaststoffreichen Produkten mit völlig unterschiedlicher Zusammensetzung und Dosierungsempfehlung bereit. Ob die Aufnahme von 3 g eines Gemisches aus Zellulose, Zitrusfasern, Haferspelzfasern und Apfelfasern oder 25 g reinen Inulins ernährungsphysiologisch zu befürworten ist, kann sich dem Verbraucher nicht erschließen. Zudem fehlt hier sehr häufig die wissenschaftliche Grundlage. Diese Produkte sollten nach Möglichkeit nur aus therapeutischen Gründen gegeben werden, da eine (zu) hohe Zufuhr das Risiko gastrointestinaler Beschwerden birgt. Zudem wird unter Umständen die Absorption von Mineralstoffen und die Aufnahme von Arzneimitteln behindert. Bei dem Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln besteht außerdem immer die Gefahr, dass eine ungünstige Lebensmittelauswahl mit wenig Obst, Gemüse und Vollkornprodukten durch den Einsatz dieser Isolate nicht verändert wird und alle Ernährungsfehler, die Auswirkungen auf das jeweilige Krankheitsbild haben, nicht korrigiert werden. Bei Zufuhr isolierter Ballaststoffe muss auf eine adäquate Flüssigkeitszufuhr geachtet werden. Etwa 2,5 Liter pro Tag sind bei dem Verzehr von Kleie oder anderen Quellmitteln zu empfehlen.

Es bleibt abzuwarten, was die Lebensmittelindustrie zukünftig an Isolaten und an ballaststoffangereicherten Produkten auf den Markt bringen wird und es bleibt zu diskutieren, wie diese Entwicklung aus gesundheitlicher Sicht zu bewerten ist.

Fazit

Die Ernährungsberatung sollte den Verbraucher nicht mit zu vielen Detailinformationen überfordern, sondern Kernbotschaften vermitteln. Die Umsetzung von „5 mal täglich eine Portion Gemüse und Obst sowie

reichlich Vollkornprodukte“ sorgt aller Voraussicht nach bereits für eine ausgewogene Ernährung. Zudem hilft die stark sättigende Wirkung von Ballaststoffen Menschen, die ihr Gewicht reduzieren wollen. Auch in der Gemeinschaftsverpflegung sollte dies in den Fokus genommen werden. Auf diese Weise wird nicht nur die Ballaststoffzufuhr erhöht, sondern insgesamt das Ziel einer energieangepassten, nährstoffreichen und relativ fettarmen Ernährung in greifbare Nähe gerückt, die zudem der Nachhaltigkeit Rechnung trägt.

Dr. Petra Schulze-Lohmann
Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.,
Sektion Schleswig-Holstein
Hermann-Weigmann Str. 1
24103 Kiel
E-Mail: schulze-lohmann@dge-sh.de

Interessenkonflikt

Die Autorin erklärt, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

Literaturverzeichnis:

1. Biesalski HK, Grimm P. Taschenatlas Ernährung. 5. Aufl., Thieme, Stuttgart (2011)
2. Ternes W, Täufel A, Tunger L, Zobel M. Lebensmittellexikon. 4. Aufl., Behrs Verlag (2005)
3. Leitzmann C, Müller C, Michel P et al. Ernährung in Prävention und Therapie. Ein Lehrbuch. 3. Aufl., Hippokrates, Stuttgart (2009)
4. Schneemann BO (1986) Dietary fiber. Physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. Food Technol 40: 104-110
5. Lairon D (1996) Dietary fibres: Effects on lipid metabolism and mechanism of action. Eur J Clin Nutr 50: 125-133
6. Estwood MA (1992) The physiological effect of dietary fiber: an update. Annu Rev Nutr 12: 19-35
7. Kasper H. Ernährungsmedizin und Diätetik. 11. Aufl., Urban & Fischer, München/Jena (2009)

8. Wisker E, Becker HG, Steller W et al. (1984) Ballaststoffe in unserer Kost – Ergebnisse einer Gemeinschaftsuntersuchung. *aid-Verbraucherdienst* 29: 9
9. Scheppach W, Bartram A, Richter A et al. (1992) Effect of short fatty acids on the human colonic mucosa in vitro. *J Parent Ent Nutr* 16: 43–48
10. RICHTLINIE 2008/100/EG DER KOMMISSION vom 28. Oktober 2008 (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:285:0009:0012:DE:PDF>)
11. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. Evidenzbasierte Leitlinie: Kohlenhydratzufuhr und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten. Bonn, Version 2011. URL: www.dge.de/rd/leitlinie Zugriff 12.04.12
12. Du H, van der A DL, Boshuizen HC et al. (2010) Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr* 91: 329–336
13. Karnehed N, Tynelius P, Heitmann BL, Ras-mussen F (2006) Physical activity, diet and gene-environment interactions in relation to body index and waist circumference: the Swedish young male twins study. *Public Health Nutr* 9: 851–858
14. Koh-Banerjee P, Franz M, Sampson L et al. (2004) Changes in whole grain, bran, and cereal fiber consumption in relation to 8-day weight gain among men. *Am J Clin Nutr* 80: 1237–1245
15. Bazzano LA, Song Y, Bubes V et al. (2005) Dietary intake of whole and refined grain breakfast cereals and weight gain in men. *Obes Res* 13: 1952–1960
16. Pereira MA, Ludwig DS (2001) Dietary fiber and body-weight regulation. Observations and mechanisms. *Pediatr Clin North Am* 48: 969–980
17. de Graaf C, Blom WA, Smeets PA et al. (2004) Biomarkers of satiation and satiety. *Am J Clin Nutr* 79: 946–961
18. Schulze MB, Schulz M, Heidemann C et al. (2007) Fiber and magnesium intake and incidence of type 2 diabetes: a prospective study and meta-analysis. *Arch Intern Med* 167: 956–965
19. Hopping BN, Erber E, Grandinetti A et al. (2010) Dietary fiber, magnesium, and glycemic load alter risk of type 2 diabetes in a multiethnic cohort in Hawaii. *J Nutr* 140: 68–74
20. Weickert MO, Möhlig M, Schöfl C et al. (2006) Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. *Diabetes Care* 29: 775–780
21. Grundy SM, Cleeman JJ, Merz CNB et al. (2004) Implications of recent clinical trials for the National Cholesterol Education Program adult treatment Panel III guidelines. *Circulation* 110: 227–239
22. Lewington S, Whitlock G, Clarke R et al. (2007) Blood cholesterol and vascular mortality by age, sex, and blood pressure: a meta-analysis of individual data from 61 prospective studies with 55000 vascular deaths. *Lancet* 370: 1829–1839
23. Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM (1999) Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 69: 30–42
24. Lewis B, Hammett F, Katan M et al. (1981) Towards an improved lipid-lowering diet: additive effects of changes in nutrient intake. *Lancet* 12: 1310–1313
25. Kelly SAM, Summerbell CD, Brynes A et al. (2007) Wholegrain cereals for coronary heart disease. *Cochrane Database of Systematic review, Issue 2*. Art. No: CD005051
26. Chen WJ, Anderson JW, Jennings D (1984) Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibers in cholesterol-fed rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 175: 215–218
27. Kasper H (1988) Einfluss von Ballaststoffen auf die Serum-Lipid-Konzentration. *Akt Ernähr* 13: 7526
28. Talati R, Baker WL, Pablonia MS et al. (2009) The effects of barley-derived soluble fiber on serum lipids. *Ann Fam Med* 7: 157–163
29. Boeing H, Bechthold A, Bub A et al. (2007) Obst und Gemüse in der Prävention chronischer Krankheiten. Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. URL: www.dge.de/pdf/ws/Stellungnahme-OuG-Praevention-chronischer-Krankheiten-2007-09-29.pdf Zugriff 12.04.12
30. Anderson JW, Baird P, Davis Jr RH et al. (2009) Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev* 67: 188–205
31. Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K et al. (2004) Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. *Arch Intern Med* 164: 370–376
32. Boyle P, Levin B (eds), International Agency for Research on Cancer (IARC). *World Cancer Report 2008*
33. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). *Ernährungsbericht 2004*. Bonn, 235–286
34. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE). *Ernährungsbericht 2008*. Bonn, 301–380
35. Mendez MA, Pera G, Agudo A et al. (2007) Cereal fiber intake may reduce risk of gastric adenocarcinomas: the EPIC-EURGAST study. *Int J Cancer* 121: 1618–1623
36. World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research. *Continuous Update Project Interim Report Summary. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Colorectal Cancer* (2011)
37. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung. *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. 1. Aufl., 4. korr. Nachdruck, Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt an der Weinstraße (2012)
38. *Ernährungsempfehlungen zur Behandlung und Prävention des Diabetes mellitus*. Stand 2010 URL: www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/057-001.html
39. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (Hg). *Nationale Verzehrsstudie II. Ergebnisbericht, Teil 2*. Karlsruhe (2008)
40. Mensink GBM, Heseke H, Richter A et al. *Ernährungsstudie als KIGGS-Modul (EsKiMo)*. Robert Koch-Institut und Universität Paderborn (2007). URL: www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/EsKiMoStudie.pdf?__blob=publicationFile
41. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. *Leitlinie Kohlenhydrate kompakt*. 1. Auflage, 2011
42. Schulze-Lohmann P (2010) Kein überflüssiger Ballast – Wie lässt sich die Zufuhr von Ballaststoffen steigern? *DGE Info* 12:183–186
43. Präbiotika. URL: www.ernaehrungsportal.nrw.de/Praebiotika-Prebiotika-1-13007-3-26.html?SID=02d2c34c89a312f7a9dcc3c1b1985f0e Zugriff 01.06.12
44. Zentgraf H. *Mehlreport 19* (2011) URL: www.gmf-info.de/medi/mehlreport/MehlReport_19_2011.pdf Zugriff 06.06.12