

**Diplomarbeit**

**Ballaststoffe – eine Literaturübersicht**

eingereicht von

**Heike Rampler**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde**

**(Dr<sup>in</sup>. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt am

**Universitätsklinikum für Innere Medizin**

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Endokrinologie und Diabetologie**

unter der Anleitung von

Priv. Doz<sup>in</sup>. Dr<sup>in</sup>. med. univ. Karin Amrein, MSc

Dr<sup>in</sup>. med. univ. Christina Geiger

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 07.08.2023

Heike Rampler eh.

## **Danksagungen**

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Personen bedanken, welche mich bei der Erstellung dieser Arbeit als auch während des Studiums unterstützt haben.

Zuallererst möchte ich mich bei Frau Priv. Doz<sup>in</sup>. Dr<sup>in</sup>. med. univ. Karin Amrein für die fachliche Unterstützung bei der Verfassung dieser Arbeit sowie für ihre Geduld und die hilfreichen Gedankenanstöße bedanken. Ich möchte mich auch herzlich bei Frau Dr<sup>in</sup>. med. univ. Christina Geiger für ihre Unterstützung bei dieser Arbeit bedanken.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, Andrea und Josef, welche mich während meines Studiums immer bedingungslos unterstützt und ermutigt haben. Dank eurem Rückhalt gelingt es mir immer wieder aufs Neue, meine Träume zu verwirklichen.

Ein großes Dankeschön gebührt auch meinem Partner Julian, welcher im stürmischen Medizinstudium stets mein sicherer Hafen ist.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden und Freundinnen bedanken, welche mich in den letzten Jahren motiviert und begleitet haben.

## **Zusammenfassung**

**Einleitung:** Die menschliche Ernährung verändert sich innerhalb der letzten Jahrzehnte deutlich, in hohem Maße bedingt durch die Industrialisierung. Während der Konsum von ultraprozessierter Nahrung zunimmt, sinkt der Verzehr ballaststoffreicher Ernährung stetig – der Großteil der Menschen nimmt zu wenig Ballaststoffe zu sich. Seit dem Ende der 1960er Jahre wird der positive Effekt von Ballaststoffen in der Ernährung hinsichtlich der Prävention von sogenannten „Zivilisationskrankheiten“ wie Diabetes mellitus, Adipositas und Herz-Kreislaufkrankungen diskutiert, viele Vorteile einer ballaststoffreichen Ernährung konnten bis dato wissenschaftlich belegt werden.

**Zielsetzung:** Ziel dieser Arbeit ist es, den aktuellen Forschungsstand hinsichtlich der Zusammenhänge von ballaststoffreicher Ernährung und unterschiedlichen gesundheitlichen Aspekten wie Mortalität, Mikrobiom, Herz-Kreislaufkrankungen, Adipositas und ausgewählten Krebserkrankungen überblicksmäßig darzustellen.

**Methoden:** Als Methode wurde eine Literaturrecherche in den Datenbanken Pubmed und Google Scholar gewählt.

**Resultate:** Zu diesen Thematiken findet man eine große Anzahl an Studien. Durch einen verstärkten Konsum von Ballaststoffen in der Nahrung konnte eine Reduktion der Gesamtmortalität festgestellt werden. Ballaststoffe beeinflussen das Darmmikrobiom und bewirken Veränderungen in der Bakterienanzahl und -vielfalt. Ballaststoffe senken das Risiko an Herz-Kreislaufkrankungen zu erkranken, in dem sie vor allem Risikofaktoren wie Hypertonie und Hypercholesterinämie positiv beeinflussen und vorteilhaft als Zusatz zu einer medikamentösen Therapie wirken. Sie können bei der Gewichtsreduktion eine unterstützende Rolle spielen und Studien zeigen präventive Effekte von Ballaststoffen bezüglich der Entstehung von Adipositas. Ballaststoffe sind in der Lage die Glukose- und Insulinantwort zu verändern und wirken über verschiedene Mechanismen einerseits präventiv auf die Entstehung von Diabetes mellitus, andererseits zeigten sich durch ballaststoffreiche Ernährung auch positive Effekte bei Menschen mit Prädiabetes und Diabetes mellitus. Vor allem hinsichtlich der Karzinogenese von Tumoren des

Gastrointestinaltrakts, wie Ösophaguskarzinom, Magenkarzinom und kolorektales Karzinom, scheinen Ballaststoffe schützend zu wirken. Verschiedene Studien zeigen auch eine antikarzinogene Wirkung gegenüber anderen Tumoren wie beispielsweise dem Mammakarzinom.

**Diskussion und Schlussfolgerung:** Die Studienlage zeigt, dass eine verstärkte Aufnahme von Ballaststoffen in den verschiedensten Hinsichten die menschliche Gesundheit fördert. Mit einer Mischung der verschiedenen Ballaststoffquellen erreicht man aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaften den größten Benefit. Eine Erhöhung der Ballaststoffzufuhr in der Bevölkerung sollte daher angestrebt und gefördert werden.

## **Abstract (English)**

**Introduction:** Human nutrition has been in a state of change in recent decades, largely due to industrialization. While the consumption of ultra-processed food is increasing, the consumption of fiber-rich food is steadily decreasing - the majority of people does not consume enough fiber. Since the end of the 1960s, the positive effects of fiber in diet have been discussed, especially regarding the prevention of the “major diseases of Western culture” such as diabetes mellitus, obesity and cardiovascular diseases. Many benefits of a high-fiber diet have been scientifically proven to date.

**Aim:** The aim of this paper is to provide an overview of the current state of research regarding the relationship between high-fiber diets and various health aspects such as mortality, microbiome, cardiovascular diseases, obesity and different types of cancer.

**Methods:** A literature search was conducted, mainly including sources from the databases Pubmed and Google Scholar.

**Results:** Increased consumption of dietary fiber has shown to reduce all-cause mortality. Dietary fiber influences the intestinal microbiome and causes changes in bacterial number and diversity. Dietary fiber reduces the risk of cardiovascular disease, especially by positively influencing risk factors such as hypertension and hypercholesterolemia and it is beneficial as an addition to drug therapy. Fiber can play a supporting role in weight reduction; studies suggest preventive effects of dietary fiber on the development of obesity.

**Discussion and Conclusion:** Studies show that an increased intake of dietary fiber promotes human health in a variety of ways. The greatest benefit is achieved with a mixture of different dietary fiber sources due to their different properties. An increase in dietary fiber intake in the population should be aimed for and promoted.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	1
Abbildungsverzeichnis .....	2
Tabellenverzeichnis .....	3
Einleitung .....	4
Ballaststoffe .....	5
Definition.....	5
Biochemische Aspekte und Einteilung.....	6
Physiologische Wirkung auf den Gastrointestinaltrakt .....	7
1.1.1 Einfluss auf die Darmentleerung .....	9
1.1.2 Einfluss auf die Sättigungswirkung.....	10
1.1.3 Einfluss auf die Nährstoffaufnahme .....	11
Ballaststoffquellen .....	13
Ernährungsempfehlungen.....	14
Ballaststoffzufuhr in der österreichischen Bevölkerung .....	16
Material und Methoden .....	18
Ergebnisse.....	19
Ballaststoffe und Mortalität .....	19
1.1.4 Prospektive Studien .....	19
Ballaststoffe und das Mikrobiom .....	21
1.1.5 Beobachtungsstudien .....	21
1.1.6 Randomisiert-kontrollierte Studien .....	24
Ballaststoffe und Herz-Kreislaufkrankungen .....	26
1.1.7 Prospektive Studien .....	26
1.1.8 Randomisiert kontrollierte Studien.....	28
1.1.9 Assoziierte Risikofaktoren .....	29
Ballaststoffe und Adipositas .....	33
1.1.10 Mögliche Mechanismen ballaststoffreicher Ernährung.....	34
1.1.11 Kohortenstudien .....	36
1.1.12 Randomisiert-kontrollierte Studien .....	37
Ballaststoffe und Diabetes Mellitus Typ 2 .....	39
1.1.13 Einfluss von Ballaststoffen auf den Stoffwechsel .....	40

1.1.14	Prospektive Studien .....	40
1.1.15	Randomisiert-kontrollierte Studien .....	42
1.1.16	Wirkungen von Ballaststoffen bei Menschen mit Diabetes mellitus .....	44
1.1.17	Potenzielle Mechanismen und Ausblick.....	44
	Ballaststoffe und ausgewählte Krebserkrankungen.....	48
1.1.18	Ösophaguskarzinom .....	49
1.1.19	Magenkarzinom .....	51
1.1.20	Kolorektales Karzinom.....	52
1.1.21	Mammakarzinom.....	54
1.1.22	Andere Krebserkrankungen.....	56
	Diskussion .....	59
	Literaturverzeichnis .....	62
	Appendix .....	70

## Abkürzungsverzeichnis

CRP	C-reaktives Protein
GIP	Glukoseabhängiges insulinotropes Peptid
GLP-1	Glucagon-like Peptide-1
IL-6	Interleukin-6
MJ	Megajoule
PYY	Peptid YY

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dosis Wirkungsbeziehung zwischen Ballaststoffverzehr und Gesamtmortalität (32).....	21
Abbildung 2 Vergleich von Ernährungsweisen (42).....	24
Abbildung 3: sinkendes Risiko für Herz-Kreislauf-erkrankungen bei steigender Ballaststoffaufnahme (RR= Risk Ratio) (50).....	27
Abbildung 4: Unterschiede in der mikrobiellen Zusammensetzung zwischen schlanken und fettleibigen Personen (72).....	36

Die Verwendung der Abbildungen im Rahmen einer Diplomarbeit ist laut Angaben in den jeweiligen Originalpublikationen gestattet.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Eigenschaften löslicher und unlöslicher Ballaststoffe (7) .....	7
Tabelle 2: Effekte von Ballaststoffen im Gastrointestinaltrakt (3) .....	8
Tabelle 3: Ballaststoffgehalt ausgewählter Lebensmittel (22, 23) .....	13
Tabelle 4: ausgewählte alleinige und gemeinsame Effekte ausgehend von löslichen und unlöslichen Ballaststoffen (7).....	46
Tabelle 5: Darmkrebsrisiko im Zusammenhang mit dem Konsum verschiedener Ballaststoffe (112) .....	53
Tabelle 6: Brustkrebsrisiko im Zusammenhang mit dem Konsum unterschiedlicher Ballaststoffe (118) .....	55

## Einleitung

Innerhalb der letzten Dekaden nimmt die Ernährung eine immer größer werdende Rolle in unserer Gesellschaft ein. Durch die laufenden Entwicklungen in der Lebensmittelindustrie und den Verzehr hochprozessierter Nahrungsmittel durchläuft die menschliche Ernährung in den Industriestaaten einen Wandel. Gleichzeitig steigt die Zahl von Menschen, welche unter sogenannten „Zivilisationskrankheiten“ wie Adipositas, Diabetes mellitus und Herz-Kreislaufkrankungen leiden. (1)

Schon in den 1960er Jahren wurden die ersten Überlegungen über den Zusammenhang zwischen ballaststoffarmer Ernährung und dem häufigeren Auftreten von Zivilisationserkrankungen angestellt.

Denis Burkitt, ein englischer Arzt, publizierte 1969 einen Artikel, in dem er Beobachtungen aus seiner medizinischen Tätigkeit in Uganda niederschrieb. Ihm war aufgefallen, dass afrikanische Menschen mittleren Alters dort wesentlich seltener an gewissen Erkrankungen wie Diabetes mellitus, Darmkrebs, Divertikulitis oder Atherosklerose litten als die gleichaltrige Bevölkerung in England.

Diese Beobachtungen schrieb Burkitt der geringen Aufnahme von Ballaststoffen in Ländern mit hohem Einkommen zu – die Ballaststoffaufnahme der afrikanischen Bevölkerung wäre laut seinen Beobachtungen um ein Vielfaches höher. (2)

Dies führte zur Entstehung der sogenannten „Ballaststoffhypothese“, welche besagt, dass eine ballaststoffreiche Ernährung eine schützende Wirkung vor der Entstehung von verschiedenen Erkrankungen haben soll, insbesondere vor oben genannten „Zivilisationskrankheiten“.

Seit der Aufstellung dieser Hypothese wurde kontinuierlich von verschiedensten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen weltweit geforscht, sie konnten mittlerweile viele positive Effekte einer ballaststoffreichen Ernährung auf die Gesundheit wissenschaftlich belegen. So weiß man heute beispielweise von den Effekten der Ballaststoffe auf den Glukosestoffwechsel und kennt die cholesterinsenkende Wirkung dieser Nahrungsmittel sowie ihre präventiven Effekte hinsichtlich der Krebsentstehung.

Die aktuelle Entwicklung in Richtung von hochprozessierter Ernährung führt zu einem Mangel an Ballaststoffen in der Nahrung vieler Menschen, momentan zeigt sich in dieser Hinsicht leider keine Trendwende. Diese Entwicklung wie auch die stetige Zunahme von Zivilisationskrankheiten wie Adipositas, Diabetes mellitus und Herz-Kreislaufkrankungen begründen die Relevanz dieser Diplomarbeit.

Das Ziel dieser Arbeit soll es somit sein, den aktuellen Wissenstand zusammenzufassen und einen deutschsprachigen Überblick über die gesundheitsfördernden Wirkungen der Ballaststoffe zu schaffen.

Auf einzelne Aspekte wie die Zusammenhänge zwischen ballaststoffreicher Ernährung und dem menschlichen Mikrobiom, Diabetes mellitus, Adipositas und verschiedenen Krebserkrankungen soll genauer eingegangen werden. Dies wird durch eine Literaturrecherche in Lehrbüchern, als auch über eine systematische Suche in den Datenbanken „Pubmed“ und „Google Scholar“ bewerkstelligt.

## **Ballaststoffe**

### **Definition**

Als „Ballaststoffe“ werden Nahrungsbestandteile bezeichnet, welche der menschliche Körper nicht oder nur teilweise enzymatisch spalten und aufnehmen kann. Dabei handelt es sich vor allem um Kohlenhydrate und Lignin. Das Wort „Ballaststoff“ ist ein Sammelbegriff, da die verschiedenen Ballaststoffe jeweils unterschiedliche chemische und morphologische Eigenschaften aufweisen, die die verschiedenen Effekte der einzelnen Ballaststoffe bedingen. (3)

Im Laufe der Geschichte kam es immer wieder zu Veränderungen der Definition des Wortes „Ballaststoff“. Schon in der Antike fand sich die erste Definition des griechischen Arztes und Philosophen Galen: er beschrieb im Jahre 130 vor Christus Ernährungsbestandteile, welche den Darm zur Entleerung anregen und solche, die ihn daran hindern. (4)

Mit dem Voranschreiten der Forschung verbesserte sich das Wissen über die „Ballaststoffe“ ständig, in der Wissenschaft wurden dabei immer wieder verschiedenste Definitionen aufgestellt. Anfang der 2000er-Jahre kam es dann zur Ausarbeitung von Definitionen, welche globalen Konsensus fanden und vor allem die chemischen Eigenschaften und physiologischen Wirkungen der Ballaststoffe in den Vordergrund rücken sollten.

So zum Beispiel die Definition der American Association of Cereal Chemists: Ballaststoffe sind essbare Pflanzenteile oder analoge Kohlenhydrate, die der Verdauung und Absorption im menschlichen Dünndarm widerstehen und im Dickdarm vollständig oder teilweise fermentiert werden. Zu den Ballaststoffen gehören Polysaccharide, Oligosaccharide, Lignin und verwandte Pflanzenstoffe. Ballaststoffe fördern vorteilhafte physiologische Wirkungen, einschließlich der Abführfähigkeit, der Senkung des Cholesterinspiegels und des Blutzuckerspiegels. (5)

Der deutsche Begriff „Ballaststoff“ ist in gewisser Weise unvoreilhaft gewählt, weil er aus einer zeitlichen Periode stammt, in welcher die Nahrungsbestandteile, die wir heute als Ballaststoffe bezeichnen, als überflüssig galten und deren gesundheitsfördernde Wirkung noch nicht bekannt war. (1)

## **Biochemische Aspekte und Einteilung**

Betrachtet man die Substanzgruppe der Kohlenhydrate ist eine Einteilung in zwei Gruppen möglich: Einerseits gibt es Kohlenhydrate (Stärke, Monosaccharide, Fruktane), welche als nicht-strukturbildende Kohlenhydrate bezeichnet werden. Diese Gruppe von Kohlenhydraten wird enzymatisch aufgespalten und im Dünndarm absorbiert.

Die andere Gruppe von Kohlenhydraten - von der man im Kontext von Ballaststoffen spricht- besteht vorwiegend aus Substanzen wie Zellulose, Hemizellulose, Lignin, Pektin und  $\beta$ -Glucanen. In diesem Zusammenhang spricht man von strukturbildenden oder komplexen Kohlenhydraten. (6)

Auf der biologischen Ebene ist eine Einteilung der Ballaststoffe in drei Gruppen möglich: dabei unterscheidet man zwischen Ballaststoffen zur Aufrechterhaltung der Struktur, Pflanzengummis und -schleimstoffen sowie Speicherpolysacchariden. Aus dieser

Auflistung geht auch hervor, dass Ballaststoffe nicht immer eine faserartige Struktur aufweisen - das ist auch der Grund warum die englische Bezeichnung für das Wort Ballaststoff – nämlich „dietary fiber“ widersprüchlich ist. (3)

Eine Einteilung der Ballaststoffe ist auch in Bezug auf ihre Wasserlöslichkeit möglich:

- Wasserunlösliche Ballaststoffe werden bakteriell kaum abgebaut und bestehen vor allem aus Zellulose, Hemizellulose und Lignin. Durch ihre ausgeprägte Wasserbindungskapazität kommt es zur Erhöhung des Stuhlvolumens was eine Verbesserung der Peristaltik und eine Verkürzung der Transitzeit im Dickdarm bedingt.
  - Wasserlösliche Ballaststoffe hingegen werden rasch von der anaeroben Darmflora abgebaut und weisen einen hohen Gehalt an Arabinoxylanen und Uronsäure auf.
- (3)

**Tabelle 1: Übersicht über die Eigenschaften löslicher und unlöslicher Ballaststoffe (7)**

Lösliche Ballaststoffe	Unlösliche Ballaststoffe
viskös	nicht viskös
gelbildend	nicht gelbildend
Bakteriell abgebaut → Produktion kurzkettiger Fettsäuren	nur teilweise bakteriell abgebaut
z.B. Pektine – Vorkommen in Obst, Gemüse	z.B. Hemizellulose, Zellulose – Vorkommen in Vollkorngetreide

### **Physiologische Wirkung auf den Gastrointestinaltrakt**

Ballaststoffe weisen in verschiedener Hinsicht Besonderheiten auf, welche sie beim Prozess der Verdauung im menschlichen Gastrointestinaltrakt von anderen Nahrungsbestandteilen unterscheiden. Folgende Auflistung umfasst zusammenfassend die möglichen Auswirkungen von Ballaststoffen auf Verdauungs- und Resorptionsvorgänge, welche im Folgenden noch detaillierter beschrieben werden.

**Tabelle 2: Effekte von Ballaststoffen im Gastrointestinaltrakt (3)**

Mögliche Ursachen einer Beeinflussung von Verdauungs- und Resorptionsvorgängen durch Ballaststoffe im Gastrointestinaltrakt
Änderungen der Magenentleerungszeit
Änderungen der Dünndarmtransitzeit
Verminderung der Kontaktmöglichkeit mit der resorbierenden Darmschleimhaut
Physikochemische Interaktionen mit Nährstoffen
Physikochemische Interaktionen mit Gallensäuren
Beeinflussung von Enzymaktivitäten
Beeinflussung der Freisetzung intestinaler Hormone

Definitionsgemäß werden Ballaststoffe nicht enzymatisch im Gastrointestinaltrakt abgebaut. Bei der Zerkleinerung durch das Kauen kommt es durch den mechanischen Stress zum Aufbrechen der Zellwand. Während der Passage von Magen und Darm nehmen die Ballaststoffe Wasser auf und quellen auf. Durch diese Solubilisierung verändern sich auch die physiochemischen Eigenschaften der Ballaststoffe. (8)

Ballaststoffe, die mit der Nahrung aufgenommen werden, sind zum Großteil pflanzlicher Natur. Durch die Pflanzenzellwand wird die Absorption von intrazellulären Nährstoffen erschwert, das verlängert den Prozess der Verdauung. (8)

Weiters verändern Ballaststoffe aufgrund der von ihnen ausgehenden Viskosität den Nahrungsbrei. Diese Viskositätserhöhung bedingt eine Verlangsamung der Magenentleerung sowie eine Verzögerung der Diffusion und damit der Absorption der Nährstoffe an der Schleimhaut. (9, 10)

Durch die Zubereitungsart von Lebensmitteln können sich die physikalischen Eigenschaften des jeweiligen Nahrungsmittels ändern. So kommt es beispielsweise beim Abkühlen von Kartoffeln zur Bildung der sogenannten „resistenten Stärke“, welche im Dünndarm nicht enzymatisch abgebaut wird und somit zur Gruppe der Ballaststoffe gehört. Die Stärkeverdauung nimmt durch die Resistenz der Stärke gegen  $\alpha$ -Amylase ab, dies kann durch wiederholtes Erwärmen und Abkühlen noch verstärkt werden. (1)

Ballaststoffe werden durch die bakterielle Darmflora zu kurzkettigen Fettsäuren, vor allem Acetat, Propionat und n-Butyrat abgebaut. Diese Fermentation findet im proximalen Kolon statt und schafft ein leicht saures Milieu. Die Art der entstehenden kurzkettigen Fettsäuren hängt von der zu fermentierenden Kohlenhydratquelle ab, daher variiert je nach Ballaststoffquelle die Aktivität der bakteriellen Enzyme, das ist im Stuhl nachweisbar. Die durch die Fermentation entstandenen Fettsäuren beeinflussen außerdem die Funktionsabläufe im Kolon und werden teilweise zur Energiegewinnung verwendet, wie es beispielsweise bei Butyrat der Fall ist. (3)

Die Fermentation von Ballaststoffen hängt von verschiedenen Eigenschaften ab. So werden isolierte Ballaststoffe rasch abgebaut, Ballaststoffe, welche aus großen Partikeln bestehen, aber eher langsamer fermentiert. (1)

Auch die Wasserlöslichkeit von Ballaststoffen spielt hinsichtlich der Fermentation eine entscheidende Rolle: Wasserlösliche Ballaststoffe werden fast vollständig abgebaut, wasserunlösliche Ballaststoffe hingegen nur zu geringen Teilen fermentiert. Lignin kann hingegen bakteriell nicht abgebaut werden. (3)

### **1.1.1 Einfluss auf die Darmentleerung**

Ein häufig auch in der Allgemeinheit gut bekannter Effekt ballaststoffreicher Ernährung ist die positive Wirkung der Ballaststoffe auf die Darmentleerung. Durch Erhöhung des Stuhlvolumens - bedingt vor allem auch durch die Wasserbindungskapazität von Ballaststoffen - verringert sich beim Konsum ballaststoffreicher Ernährung die Transitzeit im Kolon. (3)

Cummings et. al zeigte zum Beispiel, dass Weizenkleie den größten Effekt auf das Stuhlvolumen hatte, gefolgt von Kohl, Karotten und Äpfeln. (11)

Aus diesem Grund setzt man ballaststoffreiche Ernährung auch als therapeutisches Mittel gegen Obstipation ein. Studien konnten zeigen, dass sich ballaststoffreiche Ernährung positiv auf die Stuhlfrequenz auswirkt und bei milder Obstipation sogar gleiche Ergebnisse wie Lactulose erzielen konnte. (12)

Durch die Erhöhung des Stuhlvolumens durch Ballaststoffe kommt es auch zu einer Verringerung der Konzentration von Karzinogenen des Darminhaltes und so zu einer kürzeren Kontaktzeit von krebserregenden Stoffen mit der Darmwand, das bewirkt einen präventiven Effekt hinsichtlich der Entstehung von Darmkrebs. (1)

Ballaststoffe haben die Fähigkeit, Gallensäure zu binden. Durch diesen Effekt kommt es zu einer verringerten Reabsorption der Gallensäuren aus dem Darm, so sind die Gallensäuren im enterohepatischen Kreislauf nicht mehr verfügbar und werden ausgeschieden. Dieser Mechanismus wirkt sich auf den Cholesterinstoffwechsel aus, die folgenden Kapitel gehen noch genauer darauf ein. (1)

### **1.1.2 Einfluss auf die Sättigungswirkung**

Der Konsum ballaststoffreicher Nahrung führt auf verschiedenen Ebenen zu einer vermehrten Sättigung.

Durch den Verzehr von ballaststoffreicher Nahrung ergibt sich ein verlängertes Verbleiben der Nahrung im Mund, da der Kauvorgang ballaststoffreicher Nahrung durch die faserartige Struktur von Zellulose und Lignin intensiver zu erfolgen hat. Zusätzlich tritt dabei eine vermehrte Speichelsekretion auf, das ist für die Vorverdauung der Nahrung von großer Bedeutung. (1)

Diese Faktoren wirken sich positiv auf das Sättigungsgefühl aus, verschiedene Studien bringen vor allem das verlängerte Kauen mit einer vermehrten Sekretion von Verdauungshormonen sowie einem verringerten Hungergefühl in Verbindung. (13)

Ein weiterer Aspekt, der hinsichtlich der Sättigungswirkung von Ballaststoffen beachtet werden muss, findet sich mit der Magenentleerung. Die Verlängerung der Verweildauer ballaststoffreicher Nahrung im Magen führt zu einer vermehrten Sekretion von Magensaft und längerer Einwirkdauer des Speichels auf den Nahrungsbrei. (1)

Die vermehrte Viskosität, die durch Ballaststoffe im Speisebrei entsteht, verlängert die Transitzeit des Speisebreis im Dünndarm - damit nimmt die Absorption der Nährstoffe mehr Zeit in Anspruch. Die Interaktion der Nährstoffe an der Dünndarmschleimhaut und

die Freisetzung von appetitregulierenden Peptiden bewirken die Aussendung von Signalen ans zentrale Nervensystem zur Verlangsamung der Magenentleerung. (14, 15)

Zudem erfolgt der Abbau von Ballaststoffen zu kurzkettigen Fettsäuren im Kolon mittels anaerober Bakterien. Kurzkettige Fettsäuren lösen die Freisetzung der Sättigungsmediatoren PYY und GLP-1 aus und haben so ebenfalls eine regulierende Wirkung auf die Nahrungsaufnahme.(1)

Die obigen Beobachtungen ergaben sich zum Großteil aus Studien, welche mit Ballaststoffen, die natürlich in Lebensmitteln vorkommen, durchgeführt wurden.

In Anbetracht des großen Interesses an der Sättigungswirkung von Ballaststoffen wurde diese Wirkung auch an extrahierten und isolierten Ballaststoffen untersucht, dabei zeigte sich, dass die Sättigungswirkung je nach Ballaststoffart variiert und bei manchen Ballaststoffarten keine oder nur wenig Auswirkung auf das Sättigungsgefühl beobachtet werden konnte. Vor allem Alginate, Haferkleie und Guarkernmehl dürften in dieser Hinsicht auch in isolierter Form wirksam sein. (16)

Die Sättigungswirkung von Ballaststoffen wurde auch in Tierstudien untersucht. In einer Studie an Schweinen konnte herausgefunden werden, dass Schweine nach dem Verzehr ballaststoffreicher Kost deutlich weniger Verhaltensmerkmale, die mit geringer Sättigung assoziiert werden, zeigten. (17)

### **1.1.3 Einfluss auf die Nährstoffaufnahme**

Der Verzehr von Ballaststoffen geht mit einer Verminderung der verdaulichen Energie der Nahrung einher, so konnte ein Rückgang von 97% bei ballaststoffarmer Ernährung auf 92,5% bei ballaststoffreicher Nahrung verzeichnet werden. Diese schlechtere Nährstoffverfügbarkeit ergibt sich aus der durch Ballaststoffe induzierten Hemmung von pankreatischen Verdauungsenzymen sowie aus der Wirkung von Enzyminhibitoren wie Lipase- oder Amylaseinhibitoren, welche in verschiedenen Ballaststoffen enthalten sein können. (1)

Ein weiterer Mechanismus, welcher zu einer verringerten Nährstoffaufnahme führt, ist die hohe Viskosität des Darminhalts. Außerdem können verschiedene Ballaststoffe Gallensäure binden, das vermindert die Aufnahme von Lipiden. Dieser Effekt vermag bei einer westlichen, oft fettreichen Ernährung positiv erscheinen. (1)

Ballaststoffe vermindern auch die Proteinausnutzung. Eine Messung dieses Effekts ist durch die Mehrausscheidung von Stickstoff mit dem Stuhl möglich. Unklar ist, wie es zu dieser Auswirkung kommt. (3)

Kritisch sollte jedoch die verminderte Absorption von Mineralstoffen und Spurenelementen, ausgelöst durch eine ballaststoffreiche Ernährung, betrachtet werden. Untersuchungen zeigen, dass in dieser Hinsicht vor allem Phytin- und Oxalsäure eine Rolle spielen, da diese mit Mikronährstoffen Chelate bilden können und es daher nicht die Ballaststoffe selbst sind, die diesen Effekt auslösen. (1)

Bei den Mineralstoffen sind es vor allem Calcium, Eisen und Zink, deren Resorption durch die gleichzeitige Aufnahme von Ballaststoffen beeinflusst wird.

Besonders bei der Aufnahme von Weizenkleie zeigte sich eine signifikante Reduktion der Eisenresorption. Eine Untersuchung bewies nach einem dreiwöchigen täglichen Konsum von 36g Weizenkleie eine Reduktion der Serumeisenkonzentration von 21µg/100ml. Der genaue Mechanismus als auch die Rolle von Phytin in der Mineralstoffausnutzung sind dabei noch nicht zur Gänze geklärt. (3)

Angesichts der Calciumresorption konnte ebenfalls eine Resorptionsbeeinflussung durch Ballaststoffe nachgewiesen werden, bedingt vor allem durch die Fähigkeit von Ballaststoffen, Calcium zu binden. Diese Calciumbindungsfähigkeit variiert mit dem Gehalt an Uronsäure in Ballaststoffen. (18)

In vitro Studien zeigen auch nach der Phytinentfernung noch eine gewisse Mineralstoffbindungskapazität von Ballaststoffen, vor allem hinsichtlich der Mineralstoffe Calcium, Kupfer und Zink. In vivo Studien zu dieser Thematik wären wünschenswert. (19)

Da in ballaststoffreichen Lebensmitteln höhere Konzentrationen an essenziellen Nährstoffen vorhanden sind, dürfte der beschriebene Mechanismus nicht sonderlich stark

zur Entstehung von Nährstoffmängeln beitragen. Trotzdem sollten diese Effekte besonders hinsichtlich der Absorption von Medikamenten, als auch bei Bevölkerungsgruppen mit erniedrigter Kalorienzufuhr, Kindern und älteren Personen nicht außer Acht gelassen werden. (1, 19)

## **Ballaststoffquellen**

Ballaststoffe kommen als natürliche Ballaststoffe in unverarbeiteten Nahrungsmitteln in ihrer Funktion als Zellwandbestandteile, strukturbildend oder als Randschichten vor. Als sehr ballaststoffreiche Lebensmittel gelten Vollgetreide, Leguminosen, Gemüse und verschiedene Obstsorten. Innerhalb der natürlichen Ballaststoffquellen variiert der Ballaststoffanteil als auch die Ballaststoffzusammensetzung je nach Pflanzenart und Reifungszustand. (1)

In der folgenden Tabelle ist eine Auswahl verschiedener Lebensmittel und ihr Ballaststoffanteil in g /100g essbaren Lebensmittelanteil aufgelistet. Dabei wird deutlich, dass die unten aufgelisteten Getreidearten wie Gerste, Mais, Hafer und Vollkornweizen sowie die Hülsenfrüchte relativ hohe Ballaststoffanteile aufzeigen während Gemüse und Obst eine geringere Ballaststoffkonzentration pro 100g beinhalten.

**Tabelle 3: Ballaststoffgehalt ausgewählter Lebensmittel (22, 23)**

<b>Ballaststoffquelle</b>	<b>Ballaststoffanteil in g / 100 g</b>
<b>Leinsamen</b>	22,33
<b>Weißer Bohnen (roh)</b>	17,7
<b>Gerste</b>	17,3
<b>Sojabohnen</b>	15
<b>Mais</b>	13,4
<b>Weizen (Vollkorn)</b>	12,6
<b>Linsen (roh)</b>	11,4
<b>Mandeln</b>	11,2
<b>Hafer</b>	10
<b>Erdnüsse</b>	8
<b>Rote Rüben</b>	7,8

<b>Kidneybohnen (Dose)</b>	6,3
<b>Kiwi</b>	3,39
<b>Brokkoli</b>	3,29
<b>Birnen</b>	3
<b>Karotten</b>	2,5
<b>Apfel</b>	2
<b>Kartoffel (geschält)</b>	1,3
<b>Reis (roh)</b>	1,3
<b>Reis (gekocht)</b>	0,7

In der Lebensmittel- oder Medikamentenherstellung werden sogenannte „Isolate“ verwendet. Das sind Substanzen, die aufgrund ihrer chemischen und physiologischen Eigenschaften zur Gruppe der Ballaststoffe gezählt und vor allem in Form von Bindemitteln und Emulgatoren eingesetzt werden. (1)

## **Ernährungsempfehlungen**

Ernährungsempfehlungen hinsichtlich der Ballaststoffaufnahme variieren, wobei sich die meisten Empfehlungen im Rahmen von mindestens 25g-30g Ballaststoffe pro Tag bewegen. So empfiehlt beispielsweise die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) einen täglichen Verzehr von mindestens 25 g Ballaststoffen für Erwachsene und für Kinder eine an die Energieaufnahme angepasste Zufuhr. (20)

Für Österreich gibt es die Empfehlungen der DACH-Ernährungsgesellschaften, wonach Erwachsene mindestens 30g Ballaststoffe pro Tag verzehren sollten. Das entspricht einer Energiedichte von 3,5 g/ MJ pro Tag. Dieser Richtwert gilt für beide Geschlechter, für Kinder gibt es aufgrund fehlender Daten hinsichtlich der Ballaststoffaufnahme keinen Richtwert der DACH-Ernährungsgesellschaften, daher gelten für Kinder dieselben Empfehlungen wie für Erwachsene. (21)

In Großbritannien wird hingegen ein Ballaststoffkonsum von 18g pro Tag empfohlen, was im internationalen Vergleich einen sehr geringen Wert darstellt. (22) Dies kann dadurch

erklärt werden, dass die Definition von Ballaststoffen von der herkömmlichen CODEX-Definition abweicht. (23)

Betrachtet man im Gegensatz dazu die Ernährungsempfehlungen für Menschen in den USA oder Kanada fällt auf, dass diese mit mindestens 25g pro Tag für Frauen und mindestens 30 g pro Tag für Männer sehr hoch ausfallen. Das kommt zustande, weil der Ballaststoffverzehr in dieser Empfehlung an die Kalorienaufnahme gekoppelt ist und der Wert aufgrund der Studienlage bezüglich des geringeren Risikos für koronare Herzkrankheit gewählt wurde. (24)

Es gibt viele Möglichkeiten, den Ballaststoffgehalt der Ernährung zu erhöhen. Dazu gehört beispielsweise bei Lebensmitteln wie Reis, Brot oder Nudeln die Vollkornvariante zu wählen und darauf zu achten, 3 Portionen Gemüse und 2 Portionen Obst täglich zu verzehren. Beim Backen erhöht die Verwendung von Mehl mit hoher Typenzahl den Ballaststoffgehalt des Endprodukts. Menschen mit Kau- oder Schluckstörungen bzw. Erkrankungen, welche die Nahrungsaufnahme einschränken, sollten Lebensmittel mit einer hohen Ballaststoffdichte zu sich nehmen. So können die Zugabe von 2 Esslöffeln Weizenkleie (+3,6g Ballaststoffe) oder 1 Esslöffel Leinsamen (+2,2 g Ballaststoffe) den täglichen Ballaststoffverzehr erhöhen. (25)

Da eine Ballaststoffaufnahme nicht lebensnotwendig ist, handelt es sich bei diesen Angaben nur um Orientierungshilfen. Außerdem muss betont werden, dass die gesundheitsförderlichen Aspekte einer ballaststoffreichen Ernährung nur mit einer ausreichenden Aufnahme von Flüssigkeit Wirksamkeit zeigen können. (26)

Es gibt keine Obergrenze für die Aufnahme von Ballaststoffen, aber die Toleranz einer ballaststoffreichen Kost variiert von Person zu Person. Zu den Nebenwirkungen, die durch den Konsum ballaststoffreicher Ernährung entstehen können, gehören Enzymhemmung, Verringerung der Nährstoffabsorption sowie der Mineralstoffbioverfügbarkeit und eine schlechtere Medikamentenverwertung. (1) Die häufigsten Nebenwirkungen eines übermäßigen Verzehrs sind Blähungen und Bauchbeschwerden. (27)

## **Ballaststoffzufuhr in der österreichischen Bevölkerung**

Im österreichischen Ernährungsbericht aus dem Jahre 2017 wird die Ballaststoffaufnahme der österreichischen Bevölkerung abgebildet. Dabei zeigt sich, dass die durchschnittliche tägliche Ballaststoffaufnahme bei Frauen mit 20,1 g und bei Männern mit 21,7 g deutlich unter dem Referenzwert von 30g/Tag liegen. Nur 14% der untersuchten österreichischen Bevölkerung erreichte die empfohlene Tagesdosis an Ballaststoffen.

Bei beiden Geschlechtern lässt sich beobachten, dass der Ballaststoffkonsum bei Nahrungsverzehr zu Hause höher ist als bei der Nahrungsaufnahme außerhalb des eigenen Haushalts. Zwischen den verschiedenen Altersgruppen zeigt sich weder bei Frauen noch bei Männern ein wesentlicher Unterschied hinsichtlich der Menge der täglich aufgenommenen Ballaststoffe.

Der Ernährungsbericht 2017 beschreibt eine niedrigere Ballaststoffzufuhr bei adipösen Personen im Vergleich zu normalgewichtigen Personen. Auch der Blick auf das Bildungsniveau der österreichischen Bevölkerung zeigt Unterschiede in der Ballaststoffaufnahme auf: Personen mit Hochschulabschluss nehmen im Durchschnitt mehr Ballaststoffe zu sich als Personen ohne Hochschulabschluss. (28)

Stephen et al. stellten in einer Studie aus dem Jahr 2017 einen Vergleich des Ballaststoffkonsums in unterschiedlichen Ländern an. Aus dieser Arbeit geht hervor, dass der Ballaststoffverzehr mit ungefähr 20g pro Tag in den meisten Ländern unter den empfohlenen Richtwerten liegt und kein einziges Land die empfohlene Menge an Ballaststoffen pro Tag erreicht. Den höchsten Ballaststoffkonsum beobachteten sie in Deutschland (Männer 25g/Tag Frauen: 23g/Tag), in Ungarn und Finnland konnten ähnlich hohe Zufuhren beobachtet werden. England wies einen sehr niedrigen Ballaststoffkonsum auf, das kann aber möglicherweise länderspezifischen Unterschieden in der Definition von Ballaststoffen geschuldet sein. (29)

In einer anderen Untersuchung aus dem Jahre 2014 wurde der internationale Ballaststoffverzehr verglichen. Hier kam man zu dem Ergebnis, dass vor allem in den USA, Kanada (Männer unter 20g/Tag, Frauen unter 15g/Tag) und Japan (17g/Tag) der Konsum von Ballaststoffen sehr gering ausfiel, während europäische Länder höhere Werte aufwiesen. (23)

In den letzten Jahrzehnten fand vor allem in der westlichen Welt im Hinblick auf Ballaststoffe eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten statt. Die fortschreitende Entwicklung in der Lebensmittelindustrie ermöglichte es, die ballaststoffreichen, schlecht verwertbaren Bestandteile von Getreideprodukten abzuspalten. Dazu kommen eine Zunahme in der Verwendung heller anstatt dunkler, vollkornhaltiger Mehle sowie der Trend, anstatt Roggenmehl Weizenmehl zu benutzen. Weiters steigt in den Industriestaaten der Verzehr von ballaststoffarmen bzw. ballaststofffreien Lebensmitteln wie Fleisch, Eiern oder isolierte Zucker. All diese Entwicklungen führen dazu, dass der Ballaststoffkonsum in den Industriestaaten im Durchschnitt sinkt. (1)

Das trifft aber nicht auf die gesamte Bevölkerung zu: einzelne Gruppen wie beispielsweise vegetarisch lebende Menschen weisen insgesamt einen wesentlich höheren Ballaststoffverzehr auf. Aus einer englischen Studie geht eine wesentlich höhere Ballaststoffaufnahme der dort untersuchten Vegetarier und Vegetarierinnen mit 41,5 g / Tag im Vergleich mit der sich nicht vegetarisch ernährenden Bevölkerung hervor. (3)

Betrachtet man im Gegensatz dazu die Ernährungsgewohnheiten in Entwicklungsländern, zeigt sich als wesentlicher Unterschied ein deutlich höherer Konsum an Ballaststoffen in diesen Ländern. (3) Diese Erkenntnisse führten in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zur sogenannten „Ballaststoffhypothese“, welche in der Einleitung beschrieben wurde.

## **Material und Methoden**

Diese Arbeit basiert auf einer Literaturrecherche, welche vor allem Quellen aus den Datenbanken Pubmed und Google Scholar beinhaltet. Die Recherche wurde unter Verwendung von spezifischen, zum Thema passenden Schlagwörtern wie vor allem „dietary fiber“ und entsprechenden, je nach Unterkapitel- zusätzlichen Schlagwörtern wie zum Beispiel „obesity“, „cardiovascular disease“ oder „cancer“ durchgeführt. Zusätzlich fand die Verwendung von Booleschen Operatoren statt, um genauere Suchergebnisse zu erhalten.

Vor allem für die Einleitung und die genauere Beschreibung von Ballaststoffen wurden Lehrbücher zum Thema Ernährungsmedizin als Quellen herangezogen.

Die zum Thema gefundenen Inhalte wurden zusammengefasst und nach wissenschaftlichen Standards zitiert.

# Ergebnisse

## Ballaststoffe und Mortalität

Aus der Verminderung des Risikos für das Auftreten von Erkrankungen wie Diabetes mellitus, Adipositas und verschiedenen Krebserkrankungen lässt sich eine Reduktion der Morbidität und der Mortalität durch einen vermehrten Verzehr von Ballaststoffen ableiten. Die Ergebnisse verschiedener Studien beweisen diese positiven Aspekte.

Im Folgenden wird die aktuelle Studienlage anhand prospektiver Studiendaten dargestellt, da weder bei der Suche in den Datenbanken Pubmed noch bei Google Scholar Daten zum Einfluss von Ballaststoffen auf die Mortalität aus randomisiert-kontrollierten Studien gefunden werden konnten.

### 1.1.4 Prospektive Studien

Kim & Je untersuchten in einer 2014 publizierten Metaanalyse die Gesamtmortalität im Zusammenhang mit Ballaststoffkonsum in 7 prospektiven Kohortenstudien aus unterschiedlichen Ländern. Dabei konnte ein inverser Zusammenhang zwischen Ballaststoffkonsum und Mortalität festgestellt werden.

Verglich man die Gruppe mit der höchsten Ballaststoffzufuhr (26,9g /Tag) mit der Gruppe mit der geringsten Ballaststoffaufnahme (15g/Tag), ergab sich eine Risikoreduktion für die Gesamtsterblichkeit von 23%. Unterschiede bezüglich des Geschlechtes oder geographischer Region fanden sich dabei nicht.

Die Studie zeigte des Weiteren, dass zusätzliche 10g Ballaststoffe pro Tag eine Risikoreduktion der Gesamtmortalität von 11% bedingten, das gilt vor allem für Nahrungsfasern aus Getreide und Gemüse, bei Ballaststoffen aus Obst tritt dieser Effekt nicht auf.

Es muss jedoch hinzugefügt werden, dass diese Metaanalyse Limitationen, vor allem hinsichtlich der geringen Zahl der eingeschlossenen Studien als auch in Bezug auf mögliche Confounder, aufweist. (30)

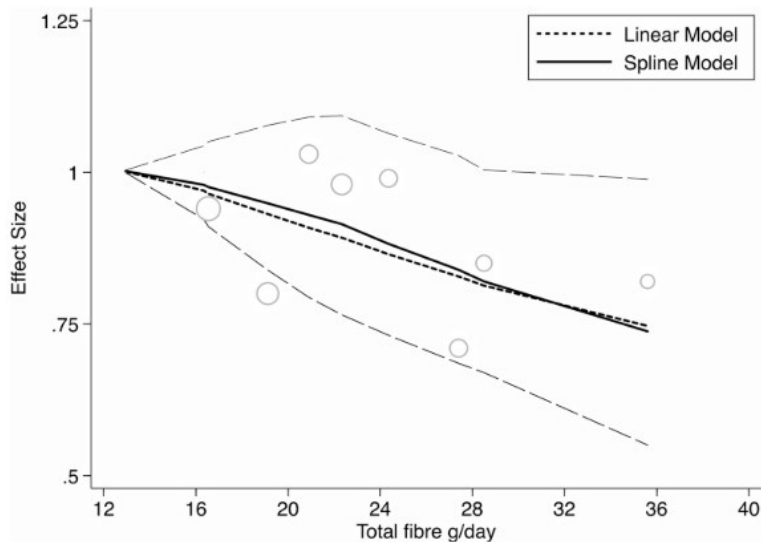
Eine französische prospektive Kohortenstudie aus dem Jahr 2020 konnte zwar keine Reduktion der Gesamtmortalität im Zusammenhang mit dem Ballaststoffkonsum zeigen, jedoch sehr wohl eine inverse Assoziation von Ballaststoffen und der Mortalität an Krebs oder zerebrovaskulären Erkrankungen. (31)

Die Reduktion der Mortalität kann aber auch biologisch hergeleitet werden, da es, wie in anderen Kapiteln ausführlich beschrieben, durch eine ballaststoffreiche Ernährung zu seltenerem Auftreten von Adipositas, Senkung des Cholesterinspiegels und des Blutdrucks, zu verringerten postprandialen Glucosespiegeln und weiteren gesundheitsförderlichen Effekten kommt, welche die Mortalität positiv beeinflussen.

Reynolds et al. publizierten im Jahr 2022 einen systematischen Review prospektiver Observationsstudien, die die Auswirkungen von Ballaststoffzufuhr bei Personen mit kardiovaskulären Erkrankungen im Zusammenhang mit der Mortalität betrachteten.

Bei den Personen, die am meisten Ballaststoffe konsumierten, wurde im Vergleich zu denen, die am wenigsten Ballaststoffe konsumierten, ein Rückgang der Gesamtmortalität um 25 % festgestellt. In Bezug auf das absolute Risiko bedeutete dies für Personen mit einem höheren Ballaststoffkonsum 60 weniger Todesfälle pro 1000 teilnehmenden Personen. Die Dosis-Wirkungs-Kurve für Ballaststoffe und Gesamtmortalität ist in Abbildung 1 dargestellt, wobei ein umgekehrter Zusammenhang zu erkennen ist. Unter der Annahme der Linearität ergab sich eine Risikoreduktion von 14 % für jede zusätzlich verzehrte Menge von 10 g Ballaststoffen.

Eine Risikoreduktion für die vorzeitige Sterblichkeit bei höherer Ballaststoffzufuhr konnte auch bei Daten, die für die Einnahme von Medikamenten kontrolliert wurden, gezeigt werden. Das deutet darauf hin, dass die beobachteten Vorteile unabhängig von den Ergebnissen pharmakologischer Behandlungen sind. (32)



**Abbildung 1: Dosis Wirkungsbeziehung zwischen Ballaststoffverzehr und Gesamtmortalität (32)**

## **Ballaststoffe und das Mikrobiom**

Im menschlichen Gastrointestinaltrakt, vor allem aber im Kolon, herrscht eine Mikroflora aus verschiedensten Bakterienspezies vor. Die bakterielle Mikroflora ist wesentlich am Abbau von Kohlenhydraten beteiligt. Dabei werden auch unverdauliche Polysaccharide, welche zur Gruppe der Ballaststoffe zählen, von anaeroben intestinalen Bakterien zu kurzkettigen Fettsäuren fermentiert. Die Menge der entstehenden kurzkettigen Fettsäuren hängt dabei wesentlich von der Menge der zugeführten Ballaststoffe ab. (1)

Das intestinale Mikrobiom wird vor allem auch von der Ernährung beeinflusst. So beobachtet man durch die Ballaststoffzufuhr eine Veränderung der Aktivität einzelner Bakterienstämme als auch eine Veränderung in der Stoffwechselaktivität der gesamten intestinalen Mikroflora. Das führt in weiterer Folge zur vermehrten Produktion von kurzkettigen Fettsäuren, welche als protektive Substanzen gelten, sowie zu einer Adsorption karzinogener Stoffe durch Ballaststoffe. (1)

### **1.1.5 Beobachtungsstudien**

Filippo et al. verglichen in zwei Studien die Ernährungsweisen und das Darmmikrobiom von Kindern aus Burkina Faso mit italienischen Kindern.

Dieser Vergleich zielte vor allem auch darauf ab, eine westliche Ernährungsweise (wie es bei den italienischen Kindern der Fall ist) mit der Ernährung in ländlichen afrikanischen Gebieten gegenüberzustellen.

Die Ernährung der Menschen in afrikanischen Gebieten zeichnet sich durch Verminderung an Fett und tierischem Eiweiß sowie Reichhaltigkeit an Stärke, Ballaststoffen und pflanzlichen Polysacchariden aus und sie ist vorwiegend vegetarischer Natur.

Der Ballaststoffgehalt der Nahrung variierte stark zwischen den Kindern aus Burkina Faso (1-2 Jahre: 10 g/Tag, 2-6 Jahre: 14,3 g/Tag) und den italienischen Kindern (1-2 Jahre: 5,6 g/Tag, 2-6 Jahre: 8,4 g/Tag).

Relevante Unterschiede in der Mikrobiomzusammensetzung konnten hinsichtlich 4 Bakterienspezies gemacht werden: Actinobakterien und Bacteroidetes waren im Mikrobiom der Kinder aus Burkina Faso häufiger vertreten als in der westeuropäischen Vergleichsgruppe. Firmicuten und Proteobakterien waren hingegen im Mikrobiom der italienischen Kinder reichlicher vorhanden. (33)

Außerdem wies die Forschergruppe bei den Kindern aus Burkina Faso vermehrt kurzkettige Fettsäuren nach, was darauf hindeutet, dass eine Ernährung reich an pflanzlichen Polysacchariden und arm an Fett und Zucker eine Selektion der Bakterien, die kurzkettige Fettsäuren produzieren, bewirkt. (33)

Diese Beobachtungen werden von der evolutionsbiologischen Hypothese gestützt, dass eine Korrelation zwischen den polysaccharidabbauenden Bakterien und der extrahierbaren Kalorienmenge herrscht. Die Maximierung der Kalorienextraktion aus unverdaulichen Stoffen wie pflanzlichen Polysacchariden scheint ein evolutionärer Vorteil zu sein. Eine Anpassung des Mikrobioms an die vorherrschende Ernährungssituation sowie Veränderungen des Mikrobioms aufgrund verschiedener Lebensmittelzubereitungen sind bekannt. (33)

Diese Untersuchung zeigt, dass die Ernährungsweise selbst einen größeren Einfluss auf die Zusammensetzung des Mikrobioms hat als andere Parameter wie die Ethnizität, Hygiene und Klima.

Das zeigt sich vor allem auch dadurch, dass das Mikrobiom von Kindern, welche in Burkina Faso in städtischen Gebieten leben, das dem italienischer Kinder, welche eine

westliche Ernährung genießen, ähnelt und nicht so sehr dem Mikrobiom burkinischer Kinder in ländlichen Gebieten.

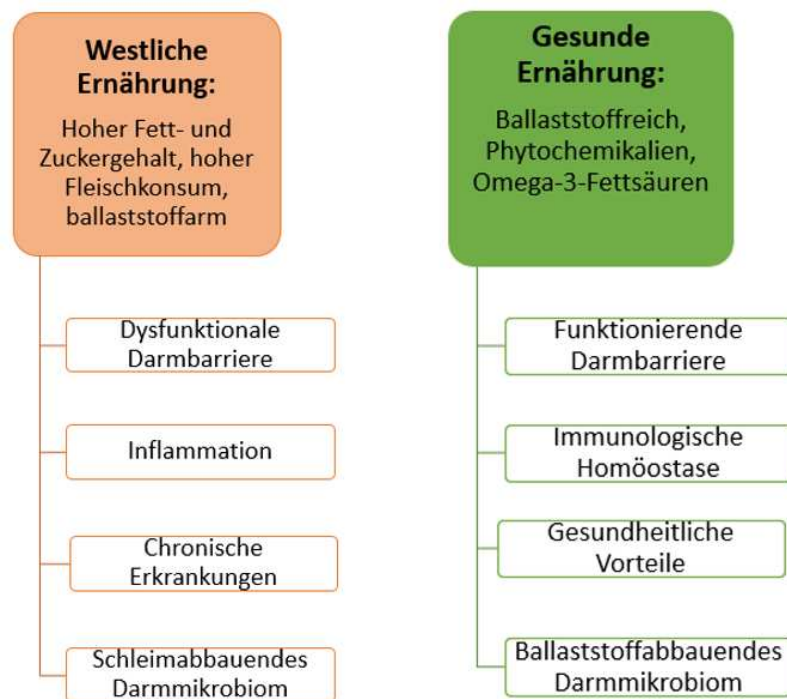
Dadurch kommt die Hypothese zustande, dass eine westliche Ernährung geprägt von übermäßigem Zuckerkonsum, tierischem Fett sowie kalorienreicher Nahrung zu einer Abnahme der Diversität und Adaptionfähigkeit des Mikrobioms führt. (33, 34)

Eine andere Studie von Schnorr et al. aus dem Jahr 2014 untermauert diese Ergebnisse. Diese Studie stellte das Mikrobiom von der Volksgruppe der Hadza, welche sich von der Jagd und vom Sammeln von Pflanzen ernährt und in Tansania lebt, mit einer urbanen italienischen Kontrollgruppe gegenüber. Der Hadza-Stamm, welcher sich zum Großteil pflanzlich und damit ballaststoffreich ernährt, zeigte eine höhere mikrobielle Artenvielfalt als die Kontrollgruppe. (35)

Das führt sogar so weit, dass saisonale Unterschiede in der Mikrobiomdiversität je nach Ernährungsgewohnheiten und Art der verzehrten Lebensmittel gefunden werden konnten. (36)

Die Anpassung an die Ernährungsweise folgt dabei recht rasch: David et al. verglichen in einer klinischen Studie die Auswirkungen von einer großteils pflanzlichen mit einer tierischen Diät und konnten schon nach einer kurzzeitigen Ernährungsumstellung Unterschiede im Mikrobiom beobachten, welche in der Genexpression beobachtbar waren. Die Analyse der fäkalen kurzkettigen Fettsäuren und der Bakteriencluster zeigte auch eine Veränderung der Stoffwechselaktivität. Diese schnelle Anpassungsfähigkeit des intestinalen Mikrobioms scheint einen Evolutionsvorteil mit sich zu bringen. (37)

Der Einfluss von Ballaststoffen auf das Mikrobiom und damit die Produktion kurzkettiger Fettsäuren ist aber noch hinsichtlich eines anderen Aspekts von Bedeutung: Das Darmepithel wird von einer Schleimschicht geschützt. Diese Schutzwirkung beugt der Invasion von Bakterien ins Darmepithel und damit Infektionen vor. Für die Aufrechterhaltung der Schleimschicht sind die Ernährung und das intestinale Mikrobiom wesentlich. Durch eine ballaststoffarme Ernährung und der damit verbundenen Veränderung des Darmmikrobioms kommt es zu einem Verfall der Schleimschicht, was die Entstehung von Infektionen und chronisch entzündlichen Erkrankungen begünstigt. (38-41)



**Abbildung 2 Vergleich von Ernährungsweisen (42)**

### 1.1.6 Randomisiert-kontrollierte Studien

Um die Rolle des intestinalen Mikrobioms im Zusammenhang mit dem Konsum von Ballaststoffen zu untersuchen, wurden verschiedene randomisiert-kontrollierte Studien durchgeführt. Im Folgenden handelt es sich um Studien, welche an normalgewichtigen Personen durchgeführt wurden.

In einer Studie von Kovatcheva-Datchary et al. wurden Unterschiede bei einer Zufuhr von Gerstenkornbrot versus Weißbrot beobachtet. In der Gruppe, die das Gerstenkornbrot zu sich genommen hatte, konnte eine Reduktion der postprandialen Glukose- und Insulinantwort beobachtet werden. Des Weiteren wählte man aus der gesamten Untersuchungsgruppe jeweils die zehn Personen mit der höchsten und der geringsten Glukose- und Insulinantwort aus. Bei der Untersuchung des Mikrobioms der Personen mit dem größten Ansprechen auf die Diätumstellung zeigten sich Unterschiede in der Zusammensetzung des Mikrobioms mit einer Erhöhung der Ratio von Prevotella/Bacteroides und vor allem einer Anreicherung mit der Spezies Prevotella copri.(43)

Eine weitere randomisiert-kontrollierte Studie verglich eine ballaststoffarme (21g/ Tag) Ernährung basierend auf raffiniertem Getreide mit einer ballaststoffreichen (40g/Tag), auf Vollkorngetreide basierenden, Ernährung für einen Zeitraum von 6 Wochen an gesunden Erwachsenen. Auch hier fand sich ein Unterschied in der Zusammensetzung des Mikrobioms, bemerkenswert war dabei eine relative Zunahme der Spezies *Lachnospira* und *Roseburia* nach dem sechswöchigen Konsum der auf Vollkorngetreide basierenden Ernährung. Diese Bakterienspezies sind vor allem an der Produktion kurzkettiger Fettsäuren beteiligt. Außerdem konnte beim Vollkorngetreideverzehr eine Reduktion der proinflammatorischen *Enterobacteriaceae* festgestellt werden. (44)

Eine andere randomisiert, kontrollierte Cross-over Studie untersuchte den Einfluss von Frühstückszerealien bestehend aus Vollkorngetreide (11,8 g Ballaststoffe/100 g) oder Weizenkleie (27 g Ballaststoffe /100 g) auf das Mikrobiom. Beim Verzehr von Vollkorngetreide stieg die Zahl der Bifidobakterien und Lactobazillen an, während sich die insgesamt bakterielle Besiedelung im Vergleich zur Interventionsgruppe nicht änderte. Weiters erhöhte sich durch den Verzehr von Vollkorngetreide die *Lactobacillus/Enterococcus* Ratio, durch den Verzehr von Weizenkleie erhöhte sich die Häufigkeit von *Bifidobacterium* spp. (45)

Um den Einfluss von Ballaststoffen auf das Mikrobiom zu untersuchen, beschäftigten sich randomisiert-kontrollierte Studien auch mit übergewichtigen Personen.

In der zwölfwöchigen Cross-over Studie von Kjølbaek et al. wurden übergewichtige Personen mit Weizenkleie ernährt, welche entweder reich an Arabinoxylan-Oligosacchariden (AXOS, Ballaststoffanteil von 31,2 g/Tag) oder mehrfach ungesättigte n-3-Fettsäuren (PUFA, Ballaststoffanteil von 20,9g/Tag) war. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass in der AXOS-Interventionsgruppe eine Vermehrung verschiedener Spezies von Bifidobakterien sowie Butyrat produzierender Bakterien stattfand, während in der PUFA-Interventionsgruppe keine Veränderungen im Mikrobiom feststellbar waren. (46)

Canfora et al. untersuchte in einer Studie an übergewichtigen Personen die Auswirkung vom täglichen Konsum von 15g Galacto-oligosacchariden auf die Mikrobiomzusammensetzung. Dabei stellte die Forschergruppe eine Zunahme der Häufigkeit von Bifidobakterienarten fest. Eine Veränderung der Diversität des Mikrobioms

oder eine Veränderung des Plasmaspiegels von kurzkettigen Fettsäuren beobachtet werden nicht. (47)

Insgesamt konnten in einem Review von Myhrstad et al. bei 4 von 6 Studien an übergewichtigen Personen Veränderungen des Mikrobioms, vor allem hinsichtlich einer Zunahme von Bifidobakterien und einer Zunahme in der Diversität des Mikrobioms, bei der Aufnahme von Ballaststoffen beobachtet werden. Bei der Hälfte der Studien wurde eine Verbesserung metabolischer Risikofaktoren beschrieben. (48)

## **Ballaststoffe und Herz-Kreislauf-Erkrankungen**

Herz-Kreislauf-Erkrankungen zählen zu den häufigsten nichtübertragbaren Krankheiten und machen ungefähr ein Drittel der weltweiten Todesfälle aus. Damit ist diese Gruppe von Erkrankungen, zu denen etwa die koronare Herzkrankheit, zerebrovaskuläre Erkrankungen oder periphere Gefäßkrankheiten zählen, weltweit die häufigste Todesursache. (49)

Als wichtigste Risikofaktoren der Herz-Kreislauf-Erkrankungen kennt die Wissenschaft Bewegungsmangel, Tabakkonsum, Alkoholkonsum und ungesunde Ernährung. Diese Faktoren lassen sich durch den Lebensstil beeinflussen und spiegeln sich als klinische Symptome in der Hypertonie, Hyperlipidämie, Übergewicht und als erhöhte Blutglucosespiegel wider. (49)

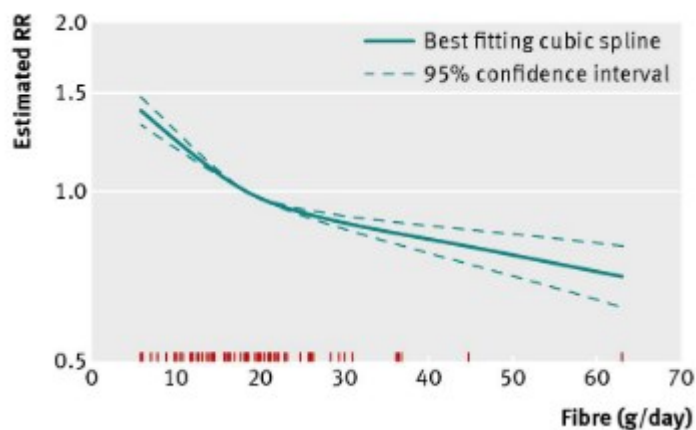
### **1.1.7 Prospektive Studien**

Threapleton et al. führten im Jahr 2013 einen systematischen Review prospektiver Studien durch, um Zusammenhänge zwischen Ballaststoffverzehr und dem Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen zu untersuchen. Dabei kam man zum Ergebnis, dass mit zunehmendem Ballaststoffverzehr das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen sinkt. Pro zusätzlich verzehrter Menge von 7 g Ballaststoffen pro Tag wurde ein signifikant niedrigeres Risiko von 9 % für Herz-Kreislauf-Erkrankungen festgestellt. (50)

Ein geringeres Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen zeigte sich vor allem bei einer höheren Zufuhr von unlöslichen Ballaststoffen, Getreide-, Obst- und Gemüsefasern. Darüber hinaus wurde ein geringeres KHK-Risiko mit einer höheren Aufnahme von

unlöslichen Ballaststoffen und Ballaststoffen aus Getreide oder pflanzlichen Lebensmitteln in Verbindung gebracht.(50)

Diese Studienergebnisse beziehen sich auf Ballaststoffverzehr aus Lebensmitteln, der Einfluss von isolierten Ballaststoffen wurde nicht untersucht. Da prospektive Studien einige Limitationen aufweisen, unter anderem Confounding, sind diese Ergebnisse nicht so aussagekräftig wie jene aus randomisiert kontrollierten Studien.



**Abbildung 3: sinkendes Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen bei steigender Ballaststoffaufnahme (RR= Risk Ratio) (50)**

Eine groß angelegte prospektive Studie aus dem Jahr 2020 untersuchte den Einfluss ballaststoffreicher Ernährung auf das Risiko einen Schlaganfall zu erleiden. Durch eine ballaststoffreiche Ernährung konnte das Risiko, einen Schlaganfall zu erleiden, insgesamt gesenkt werden.

Beim ischämischen Schlaganfall war ein um 200 g/Tag höherer Verzehr von Obst und Gemüse und ein um 10 g/Tag höherer Verzehr von Ballaststoffen mit einem 13%igen geringeren Risiko verbunden, hinsichtlich des hämorrhagischen Schlaganfallrisikos konnte kein Zusammenhang gefunden werden. (51)

In einer prospektiven Kohortenstudie von Srouf et al. wurde der Einfluss ultraprozessierter Nahrung, welche naturgemäß sehr ballaststoffarm ist, auf das Risiko, Herz-Kreislaufkrankungen zu entwickeln, untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass der Verzehr ultraprozessierter Nahrung mit einem höheren Risiko für kardiovaskuläre

Erkrankungen im Allgemeinen, als auch koronare Herzkrankheiten und zerebrovaskuläre Erkrankungen zu entwickeln, einherging. (52)

Bisher wurde das Risiko, Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu entwickeln, betrachtet. Kim et al. führte im Jahr 2014 jedoch eine Metaanalyse 15 prospektiver Kohortenstudien durch, welche den Einfluss von Ballaststoffen auf die kardiovaskuläre Mortalität untersuchte. Ein Zusammenhang zwischen erhöhter Ballaststoffzufuhr und einem geringeren Risiko für Sterblichkeit an koronaren Herzkrankheiten konnte gezeigt werden. Eine Dosis-Wirkungs-Metaanalyse ergab außerdem eine relative Risikoreduktion um 9 % für die Mortalität an Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei einer Erhöhung der Ballaststoffzufuhr um 10 g/Tag. (30)

In einer prospektiven Studie mit Daten von rund 300 000 europäischen Personen führte Crowe et al. 2012 eine Studie durch, um den Einfluss von Ballaststoffen auf die Mortalität durch ischämische Herzerkrankungen (IHD) zu untersuchen. Dabei wurde ein inverser Zusammenhang zwischen Ballaststoffaufnahme und Mortalität durch ischämische Herzerkrankungen beobachtet. Jede zusätzlich aufgenommene Menge von 10 g Ballaststoffen /Tag war mit einem 15 % niedrigeren Risiko verbunden. Zwischen den einzelnen Ballaststoffquellen in der Nahrung und dem IHD-Mortalitätsrisiko konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. (53)

### **1.1.8 Randomisiert kontrollierte Studien**

Die Studienlage ist hinsichtlich randomisierter-kontrollierter Studien zum Thema Ballaststoffe und kardiovaskuläre Erkrankungen noch ausbaufähig, während es vermehrt randomisiert-kontrollierte Studien zu den Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, wie etwa Hypertonie und Hyperlipidämie gibt, welche im Folgenden noch genauer beschrieben werden.

Kelly et al. schlossen in einem Review aus dem Jahr 2017 randomisiert-kontrollierte Studien ein, welche die Auswirkungen von Vollkornlebensmitteln oder vollkornhaltigen Diäten auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen und damit verbundene Risikofaktoren erforschten. Die Forschungsgruppe konnte keine signifikanten Effekte der ballaststoffreichen Ernährung zeigen, betonten in dieser Hinsicht vor allem methodische

Fehler in den Studien sowie geringe Teilnehmerzahlen und zu kurze Interventionszeiträume. (54)

Eine Verbesserung der Studienlage und die Durchführung randomisiert-kontrollierter Studien zu den Auswirkungen ballaststoffreicher Ernährung und kardiovaskulären Ereignissen wäre wünschenswert.

### **1.1.9 Assoziierte Risikofaktoren**

Zahlreiche Studien beschreiben die Effekte ballaststoffreicher Ernährung auf die Risikofaktoren Hypertonie und Hyperlipidämie. In vielen Hinsichten konnten positive Assoziationen festgestellt werden, welche im Folgenden genauer beschrieben werden.

#### **1.1.9.1 Hypertonie**

Als bedeutender Risikofaktor für verschiedene kardiovaskuläre Erkrankungen spielen die Blutdruckkontrolle und die Vermeidung der arteriellen Hypertonie eine wichtige Rolle bei der Entstehung solcher, vor allem in der westlichen Welt vorkommender, Erkrankungen.

##### **1.1.9.1.1 Prospektive Studien**

Ende der 1980er Jahre führten in den USA Ascherio et al. zwei große prospektive Studien durch, um Zusammenhänge zwischen Ernährungsfaktoren und Hypertonie an Frauen und Männern zu erforschen.

In der „Health Professionals Follow up“ Studie wurden 51529 gesunde Männer (Alter: 40-75 Jahre) in einem Zeitraum von 4 Jahren untersucht. Dabei konnte ein unabhängiger inverser Zusammenhang zwischen Ballaststoffverzehr und Hypertonie gezeigt werden. Bei Männern mit einer Ballaststoffaufnahme von <12 g/Tag lag das relative Risiko für Bluthochdruck bei 1,57 im Vergleich zu einer Aufnahme von >24 g/Tag. Diese Assoziationen waren bei unter 50-jährigen Männern geringer ausgeprägt. Jedoch konnte nur bei Ballaststoffen aus Früchten eine Risikoreduktion für Hypertonie nachgewiesen werden.

Ballaststoffe aus Gemüse, Getreide und Früchten hatten ähnliche positive Auswirkungen auf den diastolischen Blutdruck, auf den systolischen Blutdruck wirkten jedoch nur Ballaststoffe aus Früchten und Gemüse. (55)

Ähnliche Ergebnisse brachte auch die „Nurses Health“ Studie, durchgeführt an amerikanischen Frauen. Hier konnte ein inverser Zusammenhang zwischen Ballaststoffaufnahme und selbstgemessenem Blutdruck beobachtet werden. (56)

Reynolds et al. publizierte im Jahr 2022 einen systematischen Review prospektiver Observationsstudien, welcher die Ballaststoffzufuhr an Personen, die bereits an kardiovaskulären Erkrankungen litten, im Zusammenhang mit kardiovaskulären Risikofaktoren betrachtete. Mit hohem Evidenzgrad konnte eine Verbesserung der Blutdruckwerte in den Studien beschrieben werden. Eine Reduktion des systolischen Blutdrucks um 4,3 mmHg und des diastolischen Blutdrucks um 3,1 mmHg wurde erreicht. (32)

In einer Studie von Ludwig et al. aus dem Jahr 1999 wurde der Zusammenhang zwischen Blutdruck und Ballaststoffverzehr innerhalb einer multizentrischen Kohortenstudie über 10 Jahre lang beobachtet. Zwischen den Personen mit der höchsten Ballaststoffzufuhr sahen die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen einen Rückgang von -2,2 mmHg des systolischen Blutdrucks und -2,7 mmHg des diastolischen Blutdrucks im Vergleich zu den Personen mit der niedrigsten Ballaststoffzufuhr. (57)

Angesichts des Risikos Hypertonie zu entwickeln, wurde 2023 von Ye et al. eine prospektive Kohortenstudie unter 12131 chinesischer Erwachsenen durchgeführt. Die Studie kam zum Ergebnis, dass ein inverser Zusammenhang zwischen dem Verzehr unlöslicher Ballaststoffe und der Entwicklung von Bluthochdruck besteht. (58)

#### **1.1.9.1.2 Randomisiert kontrollierte Studien**

Im Jahr 2005 fassten Streppel et al. in einer Metaanalyse die Studienlage von randomisiert-kontrollierten Studien bezüglich Blutdruck und Ballaststoffaufnahme zusammen. Dabei konnte eine statistisch nicht-signifikante Senkung des systolischen Blutdrucks um 1,13 mmHg und eine statistisch signifikante Senkung des Blutdrucks um 1,26 mmHg beobachtet werden.

Eine Ballaststoffsupplementation führte bei älteren Personen zu größeren Effekten hinsichtlich der Blutdrucksenkung als bei jüngeren Personen. Außerdem fand sich hypertensiven Populationen eine stärkere Senkung des Blutdrucks als in normotensiven Populationen. (59)

Zum Ergebnis, dass Ballaststoffkonsum einen blutdrucksenkenden Effekt aufweist und das vor allem bei Patienten und Patientinnen mit einer Hypertonie, kam auch die Forschergruppe um Seamus Whelton in ihrer Metaanalyse randomisierter-kontrollierter Studien im Jahr 2005. Die Forschungsergebnisse zeigten, dass vor allem in den Studien mit einer Interventionsdauer über 8 Wochen eine deutliche Blutdrucksenkung beobachtet werden konnte. Ein allgemeines Muster für eine zunehmend stärkere Senkung des Blutdrucks mit zunehmender Dauer der Intervention wurde festgestellt. (60)

Mechanismen, die die blutdrucksenkende Wirkung der Ballaststoffe erklären könnten, sind vor allem die Reduktion der Insulinresistenz als auch die Körpergewichtsreduktion. (61) Beide Effekte werden an anderer Stelle noch genauer beschrieben.

Neben einer Lebensstilmodifikation wie Gewichtsabnahme und Verringerung der Kochsalzzufuhr, spielt vor allem die Ernährungsumstellung eine wichtige Rolle in der Behandlung und Prävention von arterieller Hypertonie. (1)

Angesichts der beschriebenen Studienlage wäre ein erhöhter Ballaststoffkonsum eine einfache und nicht invasive Methode, um zur Reduktion und Prävention der Hypertonie beizutragen.

Insgesamt ist der in den Studien beschriebene Effekt von Ballaststoffen hinsichtlich der Blutdrucksenkung in absoluten Werten gering. Nichtsdestotrotz stellt dies eine gute nicht-medikamentöse Möglichkeit dar, präventiv gegen die Entwicklung einer Hypertonie vorzugehen und bei bestehender Hypertonie blutdrucksenkende Medikation zu unterstützen.

### **1.1.9.2 Cholesterinstoffwechsel**

In verschiedenen Studien wurde eine positive Wirkung von Ballaststoffen auf die Blutcholesterinwerte beschrieben. Eine Senkung von 5-10% bis zu einer Senkung von 25% beim Konsum von Nahrung mit einem hohen Anteil an löslichen Ballaststoffen wie zum Beispiel Haferkleie oder Gerste konnte beschrieben werden.

Diese Veränderungen betreffen vorwiegend das LDL-Cholesterin, während die HDL-Fraktion sich kaum verändert. Eine Senkung des Plasmacholesterinspiegels konnte beim Verzehr von unlöslichen Ballaststoffen nicht beobachtet werden. Es gibt mehrere Hypothesen, die diesen Effekt zu erklären versuchen. (1)

Ballaststoffe sind in der Lage, Gallensäuren zu binden. Gallensäuren entstehen wiederum durch die Umwandlung von Cholesterin. Eine ballaststoffreiche Nahrung könnte so durch die vermehrte Ausscheidung von Gallensäuren und die dadurch bedingte vermehrte Sekretion der Gallensäuren zu einer Senkung des Plasmacholesterinspiegels führen - angenommen die Nachproduktion von Cholesterin kommt den Cholesterinverlusten durch die Ausscheidung nicht nach.

Widersprüchlich ist in dieser Hinsicht jedoch, dass ballaststoffreiche Lebensmittel wie zum Beispiel Bohnen, keine Wirkung auf die Ausscheidung von Gallensäuren zeigen und trotzdem eine Senkung des Cholesterinspiegels hervorrufen, während andere Ballaststoffquellen, welche die Gallensäureausscheidung sehr wohl beeinflussen, keine Auswirkungen auf den Cholesterinstoffwechsel zeigen. (1)

Eine andere Hypothese, die den cholesterinsenkenenden Effekt der Ballaststoffe erklären könnte bezieht sich auf die kurzkettigen Fettsäuren, welche von Darmbakterien unter ballaststoffreicher Ernährung zunehmend produziert werden. Es wird angenommen, dass diese Fettsäuren inhibierend auf die hepatische Cholesterinproduktion wirken, wobei vor allem Propionat eine große Rolle spielen soll. Außerdem soll eine Ernährung, welche reich an komplexen Kohlenhydraten ist, hemmend auf die Lipogenese wirken. (1)

Andererseits muss auch in Betracht gezogen werden, dass eine ballaststoffreiche Ernährung meist eine Ernährung mit einer geringeren Energiedichte ist. Dadurch ergibt sich eventuell auch eine geringere Aufnahme von Fett, Zucker und tierischem Protein – was im Weiteren ebenfalls eine Senkung der Blutcholesterinwerte hervorrufen könnte. (3)

Eine klinische Studie von Behall et al. aus dem Jahr 2004 untersuchte den Einfluss von Vollkorngetreide in der Ernährung von Männern und Frauen mit einer milden Hypercholesterinämie. In einer fünfwöchigen Diät wurde der Einfluss der Aufnahme von 0g, 3g und 6g Beta-D-Glucanen aus Gerste täglich untersucht. Dabei konnte eine Senkung des Gesamtcholesterins sowie des LDL-Cholesterins beim Konsum von 3g und 6g  $\beta$ -

Glukanen täglich beobachtet werden. Durch die Ernährungsintervention konnte keine Veränderung des HDL-Cholesterins festgestellt werden. (62)

Hartley et al. führte 2016 einen Review randomisiert-kontrollierter Studien durch, welche den Einfluss ballaststoffreicher Ernährung an gesunden Erwachsenen untersuchte. Dabei konnten die positiven Effekte ballaststoffreicher Kost auf den Cholesterinstoffwechsel bestätigt werden: Das Gesamtcholesterin als auch das LDL-Cholesterin sanken durch die Zufuhr von Ballaststoffen signifikant. Eine Veränderung des Triglyceridspiegels konnte nicht festgestellt werden, die HDL-Cholesterinspiegel nahmen leicht zu. (63)

#### **1.1.9.2.1 Ballaststoffe als Zusatz zur Statintherapie**

An dieser Stelle soll auf die Rolle der Ballaststoffzufuhr als unterstützende, nicht-medikamentöse Maßnahme zu einer Statintherapie aufmerksam gemacht werden.

Eine 2018 durchgeführte Metaanalyse von drei randomisierten, kontrollierten Studien ergab, dass der Zusatz von löslichen Ballaststoffen die Wirksamkeit von Statinen verdoppelte. (64)

In einer anderen Studie konnte ebenfalls gezeigt werden, dass der Verzehr von Vollkorn eine Reduktion des Nicht-HDL-Cholesterins bei Statineinnahme bewirkte. Signifikante Wechselwirkungen wurden auch zwischen der Vollkornaufnahme und der Einnahme von Statinen in Bezug auf das Verhältnis von Gesamtcholesterin zu HDL-Cholesterin und die erhöhte Gesamtcholesterinkonzentration beobachtet. (65)

Aus diesen Gründen sollte eine ballaststoffreiche Ernährung in jedem Fall Teil einer cholesterinsenkenden Therapie sein, um so die Effizienz und die Verträglichkeit der Medikation zu verbessern, Nebenwirkungen zu verringern und eventuell eine Dosisreduktion zu ermöglichen. (27)

## **Ballaststoffe und Adipositas**

In westlichen Industrieländern ist Übergewicht die häufigste Form der Fehlernährung. Durch die veränderten Lebensbedingungen der letzten Jahrzehnte sinkt der Energiebedarf des Einzelnen, während die Energiezufuhr über die Nahrung in weiten Teilen der

Bevölkerung zugenommen hat. Unter Zunahme des Körpergewichts kommt es bei dieser Überernährung zu einer Zunahme des Fettgewebes. (1)

Zwischen 1980 und 2008 hat sich die Prävalenz der Adipositas in Europa verdoppelt, laut Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation im Jahr 2008 waren über 50% der Bevölkerung übergewichtig, 23% der Frauen und 20% der Männer sogar adipös. Auch die Zahl der übergewichtigen Kinder steigt stetig. (66)

Diese Entwicklung ist sehr besorgniserregend, da Übergewicht selbst bereits als Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen gilt und weitere Risikofaktoren wie Hypertonie, Hyperlipidämie und Diabetes mellitus begünstigt. (1)

Die Therapie der Wahl stellt die Umstellung des Ernährungsverhaltens inklusive einer negativen Energiebilanz dar, um langfristig Erfolge zu verzeichnen. (1)

Die genaue Rolle verschiedener Nahrungsbestandteile bei der Gewichtsreduktion ist nicht vollständig geklärt, neben der Energiezufuhr wird vermutet, dass auch die Ballaststoffaufnahme, die Energiedichte, die Makronährstoffzusammensetzung und demografische Merkmale zur Gewichtsabnahme beitragen. (67)

### **1.1.10 Mögliche Mechanismen ballaststoffreicher Ernährung**

Die Mechanismen, durch welche Ballaststoffe Einfluss auf das Körpergewicht haben, sind nicht vollständig geklärt. Einerseits gibt es die Hypothese, dass hohe Insulinspiegel, die mit einer ballaststoffarmen Ernährung einhergehen, eine übermäßige Gewichtszunahme durch mehrere Mechanismen fördern.

Dazu gehören beispielsweise Veränderungen in der Physiologie des Fettgewebes, die Verlagerung von Stoffwechselfenststoffen von der Oxidation in die Speicherung und ein gesteigerter Appetit. (57)

Andererseits spielen neben den physiochemischen Prozessen mechanische Abläufe eine Rolle. Ballaststoffreiche Nahrung erfordert einen längeren Kauvorgang und verweilt länger in Magen und Dünndarm als ballaststoffarmer Speisebrei. So wurde 2011 in einer chinesischen Studie das Kauverhalten im Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme

untersucht. Es wurde festgestellt, dass die Studienteilnehmer und Studienteilnehmerinnen nach 40 Mal kauen weniger zusätzliche Nahrung zu sich nahmen als jene Personen, die 15 mal kauten. Außerdem konnte postprandial ein Abfall des appetitanregenden Hormons Ghrelin beobachtet werden, während die Hormone GLP1 und CCK anstiegen. (68)

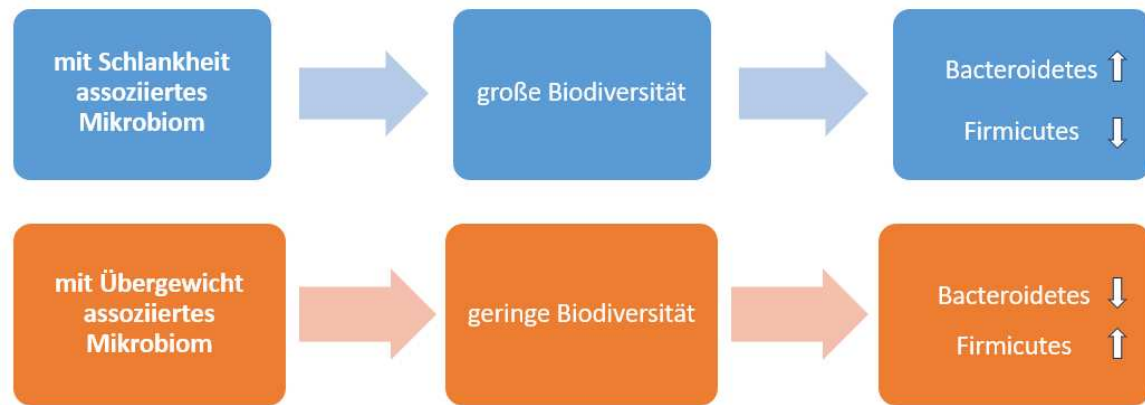
Wie bereits an anderer Stelle genauer beschrieben, kann eine ballaststoffreiche Ernährung die Zusammensetzung des menschlichen Mikrobioms verändern und dessen Diversität steigern. Dieser Mechanismus könnte ebenfalls zur positiven Wirkung von Ballaststoffen auf das Körpergewicht beitragen.

Studien zeigen, dass sich die Mikrobiomzusammensetzung im menschlichen Darm zwischen schlanken und übergewichtigen Personen unterscheidet, vor allem hinsichtlich des Verhältnisses der Bakterienarten Bacteroidetes und Firmicutes. (69, 70)

Solche Veränderungen des Mikrobioms konnten auch bei Individuen mit einem hohen Ballaststoffkonsum beobachtet werden. (33) Andererseits ist aus Tierstudien auch bekannt, dass verschiedene Arten von Ballaststoffen unterschiedliche Auswirkungen auf das Mikrobiom haben. (71)

Ein tieferes Verständnis der Auswirkungen auf die mikrobielle Zusammensetzung durch die Aufnahme verschiedener Ballaststoffgruppen ist erforderlich, um zu erklären, wie verschiedene Ernährungsbestandteile die Zusammensetzung des Darmmikrobioms im Laufe der Zeit verändern können.

Die Studienlage zu dieser Thematik ist gering und hinsichtlich dieser Zusammenhänge ist noch viel Forschung nötig. Trotzdem ist der Blickpunkt auf das Mikrobiom hinsichtlich der Entstehung von Adipositas ein spannender Ansatz, den es zu verfolgen gilt. (72)



**Abbildung 4: Unterschiede in der mikrobiellen Zusammensetzung zwischen schlanken und fettleibigen Personen (72)**

### 1.1.11 Kohortenstudien

Eine multizentrische Kohortenstudie aus dem Jahr 1999 betrachtete die Daten rund 3000 junger gesunder Erwachsener. Es ergab sich ein inverser Zusammenhang zwischen Ballaststoffverzehr und dem Körpergewicht sowie dem Taille-Hüft-Verhältnis. Personen, welche am meisten Ballaststoffe zu sich nahmen, wiesen die geringste Körpergewichtszunahme über den Beobachtungszeitraum von 10 Jahren auf. Interessant ist auch, dass der Ballaststoffverzehr aussagekräftiger bezüglich der Gewichtszunahme war als der Konsum von Gesamtfetten und von gesättigten Fetten. (57)

In einer 2008 von Tucker et al. publizierten prospektiven Kohortenstudie wurde der Ballaststoffverzehr und das Gewicht von Frauen über 20 Monate beobachtet. In der untersuchten Gruppe Frauen nahm das Gewicht durchschnittlich über den Beobachtungszeitraum um 0,7 kg zu – dabei nahmen Frauen, welche im Beobachtungszeitraum ihren Ballaststoffkonsum reduzierten, mehr Körpergewicht zu während Frauen, welche ihren Ballaststoffverzehr erhöhten, im Durchschnitt abnahmen. Für jedes vom Ausgangswert bis zur Nachuntersuchung zusätzlich konsumierte Gramm Ballaststoff pro 1000 kcal verloren die Teilnehmerinnen im Durchschnitt 0,25 kg, für jede Abnahme der Gesamtballaststoffaufnahme um 1 g nahmen die Frauen im Durchschnitt 0,25 kg zu.

Somit führte eine tägliche Erhöhung der Gesamtballaststoffmenge um 8 g pro 1000 kcal zu einem durchschnittlichen Gewichtsverlust von 2 kg in 20 Monaten. (73)

Eine 2010 durchgeführte prospektive Kohortenstudie mit knapp 90 000 europäischen, gesunden Teilnehmern und Teilnehmerinnen beschäftigte sich mit Assoziationen zwischen Ballaststoffen und Veränderungen des Körpergewichts und des Bauchumfangs mit einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 6 Jahren. Die Gesamtballaststoffzufuhr stand in umgekehrtem Zusammenhang mit der anschließenden Veränderung des Gewichts und des Taillenumfangs. Für eine um 10 g/d höhere Gesamtballaststoffzufuhr betrug die Reduktion des Körpergewichts -39g pro Jahr und die Reduktion des Bauchumfangs -0,08 cm pro Jahr. Eine um 10g/d höhere Ballaststoffaufnahme aus Getreide war mit einer Gewichtsveränderung von -77g pro Jahr und einer Bauchumfangsverminderung von -0,1 cm pro Jahr verbunden. Ballaststoffe aus Obst und Gemüse zeigten keinen Effekt auf das Körpergewicht, hatten jedoch ebenfalls einen senkenden Effekt auf den Bauchumfang. (74)

Diese Studien weisen einige Limitationen auf. Einerseits basieren die Messungen der Nahrungszusammensetzung in den meisten Fällen auf der Berichterstattung der untersuchten Personen selbst, wodurch es zu einer Verzerrung kommen kann. Andererseits weiß man, dass der vermehrte Konsum ballaststoffreicher Ernährung generell mit einem gesünderen Lebensstil (mehr sportliche Betätigung, geringerer Alkoholkonsum, etc.) einhergeht. Die Studiendaten wurden hinsichtlich möglicher Confounder wie Energiezufuhr, körperliche Aktivität, Zigarettenrauchen, Alkoholkonsum und Ausgangskörpergewicht bereinigt, trotzdem sollte eine potenzielle Verzerrung nicht außer Acht gelassen werden. (57)

### **1.1.12 Randomisiert-kontrollierte Studien**

Eine Metaanalyse randomisiert kontrollierter Studien, durchgeführt von Jovanovski et al. im Jahr 2020, setzte es sich zum Ziel, die Auswirkungen von viskosen Ballaststoffen auf das Körpergewicht, den BMI, den Bauchumfang und das Körperfett unabhängig von einer Kalorienrestriktion zu evaluieren.

Dabei wurden Studien mit einer Dauer von mindestens 4 Wochen eingeschlossen, in welchen die Probanden und Probandinnen visköse Ballaststoffe (als Vollwertkost oder als Isolat) als Zusatz zu einer Ad-libitum-Diät oder eine Vergleichsdiät zu sich nahmen. Dabei konnte durch die Ballaststoffintervention eine Reduktion des Körpergewichts, des BMI sowie des Bauchumfangs erreicht werden. Die Reduktion des Körpergewichts war bei

übergewichtigen Personen sowie bei Personen, welche an Diabetes mellitus oder dem metabolischen Syndrom litten, stärker ausgeprägt. (75)

In einer Studie von Miketinas et al. aus dem Jahr 2019 wurde anhand von Daten aus einer randomisiert-kontrollierten Studie der Einfluss von Ballaststoffen auf den Gewichtsverlust und die Einhaltung einer kalorienreduzierten Diät untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie stimmen mit der Hypothese überein, dass Ballaststoffe die Gewichtsabnahme und die Einhaltung des Diätprogramms vorhersagen. Die Veränderung der Ballaststoffzufuhr der Testpersonen vom Ausgangswert bis zum sechsten Monat war der stärkste Prädiktor für den Gewichtsverlust, dieser Zusammenhang veränderte sich auch nicht mit der Makronährstoffzusammensetzung oder der Diätadhärenz.

Diese Ergebnisse unterstreichen die Wichtigkeit von Ballaststoffen bei der Gewichtsabnahme, dennoch ist eine ballaststoffreiche Ernährung allein nicht ausreichend, um eine Gewichtsabnahme zu erzielen. (67)

Ein weiterer Punkt, der schon seit Längerem zur Diskussion steht, ist die Rolle von Hülsenfrüchten hinsichtlich der Gewichtsabnahme. Hülsenfrüchte sind bekannt für ihre idealen Ernährungseigenschaften, da sie unter anderem wenig gesättigte Fette enthalten und ballaststoffreich sind.

Die Forschergruppe um Kim et al. untersuchte daher in einer Metaanalyse randomisiert-kontrollierter Studien den Einfluss von Hülsenfrüchten auf das Körpergewicht. Bei einer Ernährung mit durchschnittlicher Aufnahme von 132 g Hülsenfrüchten pro Tag über sechs Wochen konnte ein durchschnittlicher, signifikanter Gewichtsverlust von -0,34 kg erreicht werden. Ein signifikanter Gewichtsverlust wurde bei Diäten mit negativer Energiebilanz (Gewichtsverlust) als auch bei Diäten mit neutraler Energiebilanz (Gewichtserhaltung) beobachtet. Obwohl der Gewichtsverlust in der Studie nur gering ausgefallen ist, zeigt der Trend, Hülsenfrüchte in eine ausgewogene Ernährung zu implementieren Vorteile hinsichtlich der Gewichtskontrolle – weitere Studien zur Nachhaltigkeit einer langfristigen Gewichtsabnahme sind wünschenswert. (76)

Die Schlussfolgerung aus diesen Studien, dass eine Reduktion der Ballaststoffaufnahme Gewichtszunahme bedingt und eine erhöhte Ballaststoffzufuhr eine Gewichts- und Taillenumfangsabnahme bedingt wären voreilig, da die in den Studien gezeigten Effekte

gering ausfallen. Viel eher sollten die vorliegenden Studien eine wichtige Bestätigung für die schützende Rolle, die die Aufnahme von Ballaststoffen bei der Gewichts- und Körperzunahme sowie bei der Prävention von Gewichtszunahme spielen kann, darstellen. (73, 74)

## **Ballaststoffe und Diabetes Mellitus Typ 2**

Diabetes mellitus ist eine Stoffwechselkrankheit, gekennzeichnet vor allem durch Symptome wie Hyperglykämie, Polyurie, Polydipsie und Glukosurie, die Ursache liegt in einem absoluten oder relativen Insulinmangel.

Diabetes mellitus zählt mit seinen Spätfolgen als eine der Hauptursachen für Erblindung, Nierenversagen, Herzinfarkt, Schlaganfall und Amputation der unteren Gliedmaßen und wird durch den stetigen Zuwachs von Erkrankungsfällen in Zukunft weiterhin eine große Herausforderung des Gesundheitssystems sein. (1, 77)

Diabetes mellitus Typ 2 bedingt 95% der Diabetesfälle, weshalb im Folgenden das Augenmerk auf diese Form der Diabeteserkrankungen gelegt werden soll.

Diabetes mellitus Typ 2, früher auch Altersdiabetes genannt, kommt heutzutage auch immer häufiger bei jüngeren Menschen vor und ist vor allem durch Übergewicht, mangelnde Bewegung, falsche Ernährung aber auch durch genetische Veranlagung bedingt. Vor allem bei übergewichtigen Menschen kann es zu einer Glukosetoleranzstörung und einem erhöhten Insulinspiegel kommen, im Laufe der Zeit führt diese Entwicklung zu einer Insulinresistenz und einem Insulinmangel. (1)

Viele Faktoren, welche zur Entstehung eines Diabetes mellitus Typ 2 führen, können zu einem Großteil durch Lebensstiländerungen verbessert werden, dazu zählen vor allem Gewichtsabnahme und vermehrte körperliche Betätigung. Hier kommen die Ballaststoffe ins Spiel – wie im vorigen Kapitel detaillierter beschrieben, kann der Konsum ballaststoffreicher Ernährung bei der Reduktion des Körpergewichts beitragen und einen präventiven Effekt gegen die Entwicklung von Übergewicht aufweisen. (1)

Ballaststoffe scheinen sich auch auf die Mortalität auszuwirken, wie ein systematischer Review der Literatur von Reynolds et al. aus dem Jahr 2020 andeutet, welcher Studien an Menschen mit verschiedenen Typen von Diabetes (Prädiabetes, Gestationsdiabetes, Typ-1-

Diabetes und Typ-2-Diabetes) analysierte. Die Gesamtmortalität als auch die kardiovaskuläre Mortalität wurde beim Vergleich der höchsten Ballaststoffzufuhr mit der niedrigsten deutlich gesenkt. Die Gesamtmortalität war im Vergleich zu einer Aufnahme von 19 g Ballaststoffen pro Tag um 35 % geringer, wenn stattdessen mindestens 35 g Ballaststoffe pro Tag aufgenommen wurden. Dies führte zu einer absoluten Risikoreduktion von 14 weniger Todesfällen pro 1.000 teilnehmenden Personen über die Dauer der einbezogenen Studien. (78)

### **1.1.13 Einfluss von Ballaststoffen auf den Stoffwechsel**

Seit langer Zeit beschäftigte man sich in der Wissenschaft mit den Auswirkungen von Ballaststoffen auf die Glukose- und Insulinantwort.

Bereits im Jahre 1980 führten Bosello et al. eine klinische Studie durch, in welcher sie Personen mit eingeschränkter Glukosetoleranz 20 g rohe Kleie zu ihrer üblichen Ernährung hinzufügten, ohne ihre sonstigen Ernährungsgewohnheiten zu ändern.

Nach einem Monat der Behandlung konnte eine Verbesserung der Glukosetoleranz sowie der Insulinantwort festgestellt werden. Diese metabolische Situation blieb erhalten oder verbesserte sich bei den Personen, die die Ballaststoffanreicherung der Nahrung beibehielten, während sich bei den Personen, welche diese Ernährungsumstellung beendeten, wieder die Ausgangswerte einstellten. (79)

### **1.1.14 Prospektive Studien**

In einer im Jahr 2000 publizierten großen prospektiven Kohortenstudie, welche innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 6 Jahren Daten von knapp 36 000 amerikanischen Frauen, welche ursprünglich kein Diabetes hatten, analysierte, wurde der Zusammenhang zwischen Ballaststoffen und dem Auftreten von Diabetes Mellitus untersucht.

Ein umgekehrter Zusammenhang zwischen der Aufnahme der Gesamtmenge an Ballaststoffen aus Getreide und Vollkorn und der Inzidenz von Diabetes konnte festgestellt werden.

Frauen im höchsten Quintil der Ballaststoffaufnahme wiesen ein um 22% geringeres Risiko auf an Diabetes zu erkranken, als Frauen im untersten Quintil. Innerhalb der verschiedenen Ballaststoffsorten konnte eine weitere Differenzierung bezüglich des Diabetesrisikos gemacht werden:

Die Aufnahme von unlöslichen Ballaststoffen stand in umgekehrtem Zusammenhang mit dem Diabetesrisiko, während die Aufnahme von löslichen Ballaststoffen nicht stark mit dem Diabetesrisiko verbunden zu sein schien. Vollkorngetreide verringerte in stärkerem Maße das Diabetesrisiko als raffiniertes Getreide. Ballaststoffe aus Obst, Gemüse oder Hülsenfrüchten waren nicht mit dem Diabetesrisiko verbunden. (80)

De Munter et al. publizierten im Jahr 2007 eine prospektive Kohortenstudie sowie einen systematischen Review prospektiver Kohortenstudien, welcher den Zusammenhang von Ballaststoffzufuhr und dem Diabetesrisiko untersuchte. Ein deutlich umgekehrter Zusammenhang zwischen dem Vollkornverzehr und dem Risiko für Typ-2-Diabetes konnte festgestellt werden, wobei die Assoziationen für den Gesamtverzehr von Vollkorn und Kleie am größten waren.

Die Daten aus beiden wissenschaftlichen Untersuchungen unterstützten die bisherigen Studienergebnisse. Die Metaanalyse von sechs Kohortenstudien ergab, dass eine Erhöhung des Vollkornverzehrs um zwei Portionen pro Tag mit einer 21%igen Verringerung des Risikos für Typ-2-Diabetes verbunden war. (81)

Rezentere systematische Reviews und Metaanalysen stützen diese Daten. In der Arbeit von Threapleton et al. aus dem Jahr 2013 wurden 11 prospektive Studien zu dieser Thematik untersucht. Mit einer Verringerung des Diabetesrisikos um 6 % je 7 g /Tag mehr verzehrter Ballaststoffe werden diese Ergebnisse unterstützt. Es wurde auch gezeigt, dass sowohl lösliche als auch unlösliche Ballaststoffe und insbesondere Ballaststoffe aus Getreide zur Vorbeugung der Entwicklung von Diabetes mellitus Typ 2 beitragen können, während in dieser Publikation so ein Effekt bei Ballaststoffen aus Früchten nicht nachgewiesen werden konnte. (82)

Daten aus einer anderen Metaanalyse von 17 prospektiven Studien belegen ebenfalls den umgekehrten Zusammenhang zwischen der Aufnahme von mindestens 25 g Ballaststoffen täglich und dem Risiko, an Typ-2-Diabetes zu erkranken. Dieser Effekt konnte für Getreidefasern, Fruchtfasern oder unlösliche Ballaststoffe festgestellt werden. (83)

In diesen Studien sah man, wie auch in vielen anderen Studien zu dieser Thematik bestätigt wird, dass Personen mit einem höheren Ballaststoffkonsum einen generell gesünderen Lebensstil aufweisen. Personen, die bei Studienbeginn eine höhere Aufnahme von

Vollkornprodukten und Ballaststoffen angaben, hatten eine höhere Wahrscheinlichkeit sich körperlich zu betätigen, einen Schulabschluss vorweisen zu können, nicht zu rauchen, weniger Alkohol zu konsumieren und ein niedriges Taille-Hüfte-Verhältnis aufzuweisen. (80)

Eine weitere Limitation der meisten Studien ist, dass die Erhebung der Ballaststoffzufuhr vor allem anhand Selbstberichterstattung und Fragebögen erfolgt, wodurch eine gewisse Ungenauigkeit nicht ausgeschlossen werden kann. Nur wenige Studien führten Messungen durch, um die Diätadhärenz nachzuvollziehen. (84)

### **1.1.15 Randomisiert-kontrollierte Studien**

In einer randomisierten Studie von Weickert et al. aus dem Jahr 2005 wurde der Einfluss von Getreideballaststoffen an gesunden Frauen mit normaler Glukosetoleranz getestet. Während die Interventionsgruppe 3 Portionen mit Ballaststoffen (Weizen oder Hafer) angereichertes Brot verzehrte, nahmen die Frauen in der Kontrollgruppe normales Brot zu sich. Dabei kam man zum Ergebnis, dass die Ballaststoffanreicherung eine Beschleunigung der frühen Insulinantwort hervorrief sowie mit einer früheren postprandialen GIP-Reaktion nach Hafer-Ballaststoffzusatz verbunden war. Eine erhöhte Ballaststoffzufuhr über 24 Stunden war außerdem mit einer verringerten postprandialen Glukoseantwort am folgenden Tag nach Einnahme einer Kontrollmahlzeit verbunden, hinsichtlich der Insulinantwort am Folgetag konnte kein Unterschied zur Kontrollgruppe festgestellt werden.

Die Teilnehmerzahl dieser Studie ist mit 14 Teilnehmerinnen zwar sehr gering, trotzdem sind diese Ergebnisse in Hinblick auf die von Getreideballaststoffen ausgehende Risikoreduktion bezüglich Diabetes mellitus sehr interessant, vor allem da innerhalb dieser Studie die Diätadhärenz mithilfe von einer Atemluftanalyse überprüft wurde. (85)

Eine 2005 von Lindström et al. durchgeführten Studie beschäftigte sich mit übergewichtigen Männern und Frauen mittleren Alters mit eingeschränkter Glukosetoleranz. Nach dem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 4,1 Jahren wurde bei 114 der 500 teilnehmenden Personen Diabetes diagnostiziert, diese Personen tendierten dazu, eher eine kohlenhydrat- und ballaststoffarme Nahrung zu verzehren. Außerdem konnte für eine ballaststoffreiche und fettarme Ernährungsweise eine

Assoziation mit einem geringeren Diabetesrisiko festgestellt werden, diese Assoziation war unabhängig von einer Körpergewichtsabnahme und körperlicher Bewegung. (86)

2006 untersuchte Weickert et al. in einer randomisiert-kontrollierten Studie die Auswirkungen von Getreideballaststoffen auf die Insulinsensitivität bei übergewichtigen und fettleibigen Frauen.

Die Versuchsgruppe nahm 3 Tage lang ballaststoffangereichertes Brot (31,2 g unlösliche Ballaststoffe pro Tag) zu sich, während die Kontrollgruppe normales Weißbrot verzehrte. In der Interventionsgruppe konnte eine signifikante Verbesserung der Ganzkörper-Glukoseverwertung festgestellt werden, während die posthepatische Insulin-Clearance-Rate im Steady-State durch den Ballaststoffkonsum nicht reduziert wurde, was darauf hindeutet, dass dieser Effekt durch eine verbesserte Insulinwirkung entstand.

Des Weiteren konnte eine signifikante Verbesserung der Insulinsensitivität um 13 % nach erhöhter Aufnahme von unlöslichen Ballaststoffen über 3 Tage gemessen werden. (84)

Honsek et al. führte 2017 eine randomisiert-kontrollierte Interventionsstudie durch, in welcher Menschen mit eingeschränkter Glukosetoleranz an einem einjährigen Lebensstil-Trainingsprogramm teilnahmen und nach dem Zufallsprinzip 2 Jahre lang zweimal täglich ein Ballaststoffpräparat (unlösliche Ballaststoffe) erhielten. Das Ergebnis dieser Studie war eine signifikant stärkere Senkung des HbA1c-Wertes und des 2-Stunden-Glukosespiegels (bei Frauen) nach einem Jahr Supplementierung mit unlöslichen Ballaststoffen. Eine Senkung des 2-Stunden-Glukosespiegels konnte in ähnlichem Maße jedoch auch in der Placebogruppe beobachtet werden. Obwohl die signifikanten Verbesserungen des HbA1c-Wertes und des Blutzuckerspiegels im zweiten Jahr nicht anhielten, blieb eine geringere Häufigkeit von Diabetes in der Ballaststoffgruppe bestehen. (87)

Diese Ergebnisse von Studien zeigen positive Effekte ballaststoffreicher Ernährung auf die Glukose- und Insulinantwort bei gesunden Menschen als auch bei Personen mit Prädiabetes. Ein verstärkter Konsum von Ballaststoffen sollte deshalb Gesunden als auch Personen mit eingeschränkter Glukosetoleranz empfohlen werden, um eine Verbesserung der Stoffwechsellage und eine Verringerung des Diabetesrisikos zu bewirken.

### **1.1.16 Wirkungen von Ballaststoffen bei Menschen mit Diabetes mellitus**

Während bisher die Wirkungen von ballaststoffreicher Nahrung auf den Blutglukosespiegel und die Insulinantwort nur an gesunden Menschen oder an Menschen mit Prädiabetes betrachtet wurden, veröffentlichte von Silva et al. 2013 einen systematischen Review mit Metaanalyse von 11 randomisiert kontrollierter Studien mit einer Mindestdauer von 8 Wochen an Patienten und Patientinnen mit Typ 2 Diabetes.

Die Ergebnisse der Metaanalyse deuten darauf hin, dass eine durchschnittliche Verringerung der absoluten HbA1c-Werte um 0,55 % (relative Verringerung um 4,75 %) durch eine Ernährung mit ballaststoffreichen Lebensmitteln oder Ballaststoffzusätzen erreicht werden kann. Zudem konnte eine absolute Senkung der Nüchternplasmaglukosewerte um 10 mg/dL durch vermehrte Zufuhr von Ballaststoffen festgestellt werden.

Die Autoren und Autorinnen sprechen eine Empfehlung aus, die Ballaststoffzufuhr bei Personen mit Typ-2-Diabetes zu erhöhen. (88)

Diese Ergebnisse sind von großer Relevanz, da sie Ballaststoffe als einen nicht-medikamentösen Ansatz darstellen, die Stoffwechselsituation bei Diabetes mellitus Typ 2 zu verbessern und im Sinne der Ernährungstherapie als auch als zusätzlich zur medikamentösen Therapie einzusetzen.

Neu ist dieser Ansatz dennoch nicht, so postulierte der deutsche Mediziner Carl von Noorden schon im Jahr 1902 die sogenannten „Hafertage“ als Therapie bei Menschen mit Typ-2-Diabetes. Carl von Noorden empfahl für einige Tage eine fast gänzlich auf Kohlenhydraten (vorwiegend Haferschleim) basierende Diät einzuhalten, um dadurch die Insulinresistenz zu durchbrechen. In einer Untersuchung aus dem Jahr 2008 konnte die Wirksamkeit dieser Intervention gezeigt werden – neben der Verbesserung des Blutzuckertagesprofils konnte auch nach Wochen ein verminderter Insulinbedarf beobachtet werden. Hafertage scheinen eine durchaus sinnvolle Therapieergänzung bei Typ-2-Diabetes zu sein. (89, 90)

### **1.1.17 Potenzielle Mechanismen und Ausblick**

Vor allem löslichen Ballaststoffen sprach man in der Vergangenheit durch ihre Effekte auf die Glukose- und Insulinantwort eine protektive Wirkung auf die Entwicklung eines

Diabetes mellitus zu. Mechanismen wie die durch lösliche Ballaststoffe induzierte verzögerte Magenentleerung, die verlängerte Stärkeverdauung, die hohe Viskosität des Speisebreis und die damit verbundene veränderte Absorption von Nährstoffen wurden als Erklärung dieses Phänomens herangezogen. (1)

Unterschiedliche Studien zeigen jedoch, dass bei der Risikoreduktion von Diabetes nicht, wie ursprünglich gedacht, mit löslichen Ballaststoffen, welche in Lebensmitteln wie Obst und Gemüse vorkommen, große Effekte erzielt werden. Entgegen der ursprünglichen Erwartungshaltung sind es vor allem unlösliche Ballaststoffe wie beispielsweise Vollkorngetreide, welche mit einer Verbesserung der Insulinsensitivität und eine Reduktion des Diabetesrisikos einhergehen. (80, 84)

Diese Ergebnisse lassen sich von den bisherigen Erklärungsmodellen nicht ableiten, da sich die Wirkungen von Ballaststoffen auf den Glukose- und Insulinhaushalt vor allem auf die Effekte löslicher Ballaststoffe fokussierten. Diese Daten weisen darauf hin, dass unlösliche Ballaststoffe metabolisch aktiv sind, mögliche Mechanismen, wodurch die genannten Wirkungen unlösliche Ballaststoffe erklärt werden sollen im Folgenden erörtert werden. (84)

Einerseits wird diskutiert, dass der positive Effekt von Ballaststoffen auf die Diabetesentwicklung durch die Faktoren Sättigungsgefühl und Körpergewicht beeinflusst wird. (7)

In mehreren Studien wird ein vermehrtes postprandiales Sättigungsgefühl und ein verringertes Hungerempfinden nach ballaststoffreichen Mahlzeiten beschrieben, jedoch ist die allgemeine Studienlage zu diesem Thema nicht konsistent. (91)

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, tragen Ballaststoffe zur Körpergewichtsreduktion bei und können der Entwicklung von Adipositas entgegenwirken. Trotzdem konnten in Humanstudien keine Unterschiede hinsichtlich der Auswirkungen verschiedener Arten von Ballaststoffen (löslich, unlöslich, aus Lebensmitteln, als Supplemente) auf das Körpergewicht festgestellt werden. Somit ist dieser Ansatz als Erklärung für die besondere Effektivität unlöslicher Ballaststoffe ungeeignet. (7, 91)

Ballaststoffe zeigen verschiedene Auswirkungen auf den Hormonhaushalt. Über eine regulierende Wirkung auf gastrointestinale Hormone wie GLP-1, Cholezystokinin, PPY, Ghrelin, GIP und Adiponektin könnte es durch Getreideballaststoffe zu einer Verbesserung der Glukoseverwertung kommen. (1)

Ein weiteres Erklärungsmodell bietet die Rolle der Ballaststoffe hinsichtlich ihrer Eigenschaft, postprandiale Glukoseexkursionen und den glykämischen Index kohlenhydratreicher Lebensmittel zu beeinflussen.

In diesem Kontext beeinflussen aber auch vor allem lösliche Ballaststoffe aufgrund ihrer viskösen, gelbildenden Eigenschaften die Aufnahme von Kohlenhydraten aus der Nahrung und bewirken somit eine Reduktion der postprandialen Glukoseexkursionen – unlösliche Getreideballaststoffe zeigten hinsichtlich dieser Eigenschaften kaum eine Wirkung. (7, 92)

**Tabelle 4: ausgewählte alleinige und gemeinsame Effekte ausgehend von löslichen und unlöslichen Ballaststoffen (7)**

<b>löslich</b>	<b>unlöslich</b>	<b>Gemeinsame Wirkung</b>
↓ postprandiale Glukoseantwort	↓ Insulinresistenz	↑ Sättigung
↓ Gesamt und LDL-Cholesterin	↓ Proteinabsorption	↓ Gewichtszunahme
↓ Magenentleerung	↓ Typ 2 Diabetes Risiko	↓ Inflammation

Zusammenfassend ist zu sagen, dass viele der beschriebenen Erklärungsmodelle zu den positiven Wirkungen von Ballaststoffverzehr entweder auf lösliche und unlösliche Ballaststoffe zutreffen oder eher beim Verzehr von löslichen Ballaststoffen relevant sind. Das steht in Kontrast zu den meisten Forschungsergebnissen, welche vor allem die schützende Wirkung von unlöslichen Ballaststoffen hinsichtlich der Entstehung von Diabetes zeigen. (7)

Eine randomisiert-kontrollierte Studie aus dem Jahr 2011 an übergewichtigen Erwachsenen untersuchte die Auswirkungen isoenergetischer Diäten mit

unterschiedlichem Gehalt an Getreidefasern und hauptsächlich pflanzlichen Proteinen auf die Ganzkörper- und hepatische Insulinresistenz.

Nach 6 Wochen war die Insulinresistenz, bei den Personen, die eine ballaststoffreiche Ernährung zu sich nahmen, um 25 % niedriger als bei denen, die eine proteinreiche Ernährung zu sich nahmen. Wurden jedoch zur proteinreichen Ernährung Getreidefasern hinzugefügt, konnte keine Verschlechterung der Insulinsensitivität festgestellt werden. Der Einfluss unlöslicher Ballaststoffe auf die Verdauung und Absorption von Protein und die damit verbundenen Effekte auf die Insulinresistenz könnten somit eine mögliche Erklärung für die mit unlöslichen Ballaststoffen assoziierte Risikoreduktion von Diabetes darstellen und sollte weiter erforscht werden. (7, 93)

Diese Ergebnisse bilden einen weiteren neuen Ansatz für Erklärungsversuche über Mechanismen hinter der Wirkung von Ballaststoffen auf das Diabetesrisiko. Es braucht zusätzliche Forschung hinsichtlich dieser Thematik, um diese Mechanismen und die Effekte der unterschiedlichen Eigenschaften von Ballaststoffen besser zu verstehen.

Eine japanische Studie aus dem Jahr 2018, durchgeführt an 190 japanischen Personen ohne Diabetes befasste sich mit der Beziehung zwischen dem Verhältnis von Ballaststoffen zur Kohlenhydratzufuhr (F:C-R-Verhältnis) und der Glukosetoleranz. Dabei verglich man die Gruppe mit dem höchsten und mit dem niedrigsten F:C-R-Verhältnis. Zu Studienbeginn zeigte die Gruppe mit dem höchsten F:C-R-Verhältnis deutlich niedrigeres Körpergewicht, mehr fettfreie Körpermasse, einen niedrigeren Nüchterninsulinspiegel und einen niedrigeren HOMA-IR-Wert (Aussage über Insulinresistenz) als die Gruppe mit dem niedrigeren F:C-R-Wert. Ein Anstieg des F:C-R-Verhältnisses während des 5-monatigen Programms war mit einer Senkung des HbA1c-Wertes verbunden.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass auch die Qualität der Kohlenhydrate bzw. das Verhältnis von Ballaststoffen zur Kohlenhydratzufuhr berücksichtigt werden muss. Dieser Grundgedanke sollte in die weitere Forschung hinsichtlich der Prävention von Diabetes einbezogen werden. (94)

## **Ballaststoffe und ausgewählte Krebserkrankungen**

Neben den bereits beschriebenen Effekten scheint eine ballaststoffreiche Ernährung auch einen präventiven Effekt hinsichtlich der Entstehung von verschiedenen Krebserkrankungen zu haben. Einerseits geschieht dies durch organspezifische Mechanismen, diese werden in den einzelnen Unterkapiteln noch genauer erläutert. Andererseits spielen Ballaststoffe auch im Hinblick auf allgemeine Prozesse wie chronische Entzündung eine Rolle oder wirken präventiv der Entstehung von Adipositas, einem Risikofaktor für viele Krebserkrankungen, entgegen.

Chronische Entzündung gilt als Prädisposition für die Entstehung von Tumoren und begünstigt die Tumorgenese in allen ihren Stadien. (95)

Rezente Studien zeigen, dass Ballaststoffe in der Lage sind, Marker für die chronische Entzündung zu verringern. Dieser Mechanismus könnte Teil des antineoplastischen Effekts von Ballaststoffen sein.

In einer Beobachtungsstudie an knapp 2000 Frauen wurde der Zusammenhang zwischen der Ballaststoffaufnahme und Markern für chronische Entzündung analysiert. Diese Studie kam zum Ergebnis, dass eine vermehrte Ballaststoffzufuhr mit niedrigeren Plasmakonzentrationen der Entzündungsmarker IL-6 und TNF- $\alpha$ -R2 einherging, während eine Veränderung des hsCRP nicht beobachtet wurde. Eine stärkere Sensitivität von IL-6 und TNF- $\alpha$ -R2 im Vergleich zu hsCRP könnte dafür eine Erklärung bieten. (96)

Andere Arbeiten konnten sehr wohl eine Assoziation von Ballaststoffen und CRP finden. In einer Analyse von North et al. wurden 7 klinische Studien, welche sich mit dieser Thematik befasst hatten, untersucht, dabei kamen 6 Studien zum Ergebnis, dass Ballaststoffe die CRP-Konzentrationen reduzieren konnten. Eine Reduktion des CRP um 25-54% konnte dokumentiert werden. (97)

Zu ähnlichen Ergebnissen kam beispielsweise auch die Forschergruppe um Ajani et al.. In ihrer Studienpopulation hatten diejenigen, welche die größten Mengen an Ballaststoffen zu sich nahmen niedrigere Konzentrationen von CRP als die Personen mit einer geringen Ballaststoffaufnahme. (98)

Eine Beobachtungsstudie aus 2021 untersuchte den Einfluss von Ernährungsgewohnheiten, insbesondere die Aufnahme von Ballaststoffen, in Hinblick auf eine Immuntherapie des malignen Melanoms. Dabei konnte festgestellt werden, dass ein höherer Ballaststoffanteil in der Nahrung mit einem signifikant verbesserten progressionsfreien Überleben nach der Immuntherapie einherging. (99) Diese Ergebnisse stellen einen interessanten Ansatz für Krebstherapie dar, zusätzliche Studien zu dieser Thematik sind wünschenswert.

### **1.1.18 Ösophaguskarzinom**

Das Ösophaguskarzinom ist ein lokal infiltrierender und früh metastasierender Tumor der Speiseröhre, welcher eine schlechte Prognose aufweist und meist erst spät Symptome zeigt. Eine Einteilung erfolgt in Plattenepithel- und Adenokarzinome. (100)

Die Inzidenz der Ösophaguskarzinome steigt weltweit, in Europa ist eine Inzidenz der von 5/100.000/Jahr anzunehmen, wobei Adenokarzinome im Vergleich zu Plattenepithelkarzinomen überwiegen. Adenokarzinome entstehen in den meisten Fällen durch die Entartung eines Barrett-Ösophagus, die chronische gastroösophageale Refluxerkrankung gilt als Risikofaktor. (100)

Coleman et al. untersuchten in einer systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse den Zusammenhang zwischen Ballaststoffen in der Ernährung und dem Risiko für präkanzeröse Läsionen und Krebs der Speiseröhre. Anhand von acht Fall-Kontroll-Studien ergab die Schätzung des Krebsrisikos einen signifikanten umgekehrten Zusammenhang mit dem höchsten Ballaststoffverzehr, in 2 Studien konnte auch eine protektive Wirkung von Ballaststoffen gegen die Entwicklung eines Barrett-Ösophagus festgestellt werden. Es gab dabei jedoch Hinweise auf eine erhebliche Heterogenität zwischen den Studien. (101)

In 2 Studien wurde die Entwicklung des Barrett-Ösophagus untersucht, dabei konnte in beiden Studien ein signifikanter Schutzeffekt von Ballaststoffen gegen Barrett-Ösophagus in der Größenordnung eines um 60-66 % verringerten Risikos bei denjenigen Personen mit der höchsten gegenüber denjenigen mit der niedrigsten Gesamtballaststoffaufnahme festgestellt werden. (102, 103)

Da sich Adenokarzinome der Speiseröhre meist durch Vorstufen wie den Barrettösophagus entwickeln, geben diese Daten auch einen Hinweis auf die Wirkung von Ballaststoffen in frühen Stadien der Karzinogenese. (101)

Es gibt mehrere biologische Erklärungsansätze für den protektiven Effekt der Ballaststoffe hinsichtlich der Entstehung von Ösophaguskarzinomen.

Einerseits verringert Phytinsäure, welche in ballaststoffreichen Lebensmitteln enthalten ist, nachweislich die Zellproliferation und fördert die Apoptose, was in vitro zu einer Hemmung des Wachstums von Adenokarzinomzellen der Speiseröhre führt. (104) Geringere Konzentrationen von IL-6, einem Marker für systemische Entzündungen, wurden ebenfalls mit einer ballaststoffreichen Ernährung in Verbindung gebracht und könnten einen protektiven Faktor hinsichtlich der Karzinogenese darstellen. (96)

Diese Mechanismen betreffen jedoch allgemein die Tumorentstehung, erklären aber die vorteilhaften Effekte einer ballaststoffreichen Ernährung vor allem auf die Entwicklung von Adenokarzinomen nicht.

Zu den weiteren schützenden Wirkungen von Ballaststoffen, die von Bedeutung für das Adenokarzinom der Speiseröhre sein könnten, gehören ein verringertes Risiko für gastroösophageale Refluxsymptome, eine veränderte Glukoseantwort und sowie ein verringertes Risiko für Übergewicht wie bereits in anderen Kapiteln genauer beschrieben. (101, 105)

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine ballaststoffreiche Ernährung das Risiko an Ösophaguskarzinomen zu erkranken, senkt. Die Studiendaten sind jedoch für Adenokarzinome konsistenter als für Plattenepithelkarzinome der Speiseröhre. Trotz einer bestehenden Heterogenität zwischen den Studien konnten sieben der acht untersuchten Adenokarzinom-Studien Trends für inverse Assoziationen aufweisen. Die Studienlage deutet darauf hin, dass Personen mit der höchsten Ballaststoffzufuhr ein etwa 30 % geringeres Krebsrisiko haben als die Personen mit der geringsten Ballaststoffzufuhr. Den gezeigten schützenden Effekten konnte keine spezifische Ballaststoffquelle zugeordnet werden. (101)

### 1.1.19 Magenkarzinom

Das Magenkarzinom gilt weltweit als der zweithäufigste maligne Tumor, wobei die Prävalenz vor allem in Industrieländern einen Rückgang aufweist. Häufig fallen beim Magenkarzinom entsprechende Symptome erst spät auf, betroffen sind eher Männer als Frauen. Neben Alter, Alkoholkonsum, Rauchen und familiären Faktoren spielt auch die Ernährung eine Rolle in der Karzinogenese. (100)

Von Zhang et al. wurde 2013 eine Metaanalyse von Fall-Kontroll- und Kohortenstudien durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen Ballaststoffen und dem Magenkarzinomrisiko zu analysieren.

Von 26 Studien zeigten 24 einen umgekehrten Zusammenhang zwischen der Ballaststoffzufuhr und dem Magenkrebsrisiko, davon waren 14 statistisch signifikant. Insgesamt lag die gepoolte Odds-Ratio für die höchste im Vergleich zur niedrigsten Ballaststoffaufnahme bei 0,58, es bestand jedoch eine gewisse Heterogenität zwischen den Studien. Darüber hinaus ergaben die Daten, dass eine Erhöhung der Ballaststoffzufuhr um 10 g/Tag mit einer Verringerung des Magenkrebsrisikos um 44 % verbunden war. (106)

Verschiedene Mechanismen werden für diese Wirkungen der Ballaststoffe angedacht. Einerseits weiß man, dass Nitrit als Vorläufer von N-Nitroso Verbindungen für den Menschen krebserregend ist. (107) Forschungsergebnisse zeigen, dass Ballaststoffe unter sauren Bedingungen Nitrite abfangen können und bei der Senkung der Nitritkonzentration im Magen ähnlich wirksam sind wie Vitamin C. (108)

In Tierstudien konnte gezeigt werden, dass kurzkettige Fettsäuren, die hauptsächlich durch die Fermentation von Ballaststoffen entstehen, Differenzierung, Wachstumsstillstand und Apoptose im Magen-Darm-Trakt auslösen und so ein Einfluss auf die Karzinogenese denkbar wäre. (109)

Darüber hinaus könnte eine hohe Ballaststoffzufuhr generell mit einer Ernährung assoziiert sein, die reich an Gemüse, Obst und einer Vielzahl von Nährstoffen ist, die Magenkrebs vorbeugen. (1) So haben Studien gezeigt, dass Ballaststoffquellen wie beispielsweise Allium-Gemüse eine antibakterielle Wirkung gegen *Helicobacter pylori* haben - *Helicobacter pylori* stellt einen zentralen Risikofaktor für die Entwicklung von Magenkrebs dar. (110)

Insgesamt zeigen die Studiendaten, dass die Aufnahme von Ballaststoffen mit einem geringeren Risiko für die Entwicklung von Magenkrebs assoziiert ist.

Trotzdem weisen diese Studiendaten auch Limitationen auf – so gab es Unterschiede in der Menge der Ballaststoffzufuhr, Daten zum Ballaststoffkonsum wurden vorwiegend über Fragebögen erhoben, eine Veränderung des Essverhaltens ausgelöst durch Magenkrebs bedingte Symptome kann ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Weitere Studien sind wünschenswert um den Zusammenhang zu bestätigen und die Mechanismen besser zu verstehen. Da *H. pylori*-Infektionen eine zentrale Rolle bei der Entstehung von Magenkarzinomen spielen, sollte man sie in Analysen einbeziehen, um ein umfassenderes Verständnis des Zusammenhangs zwischen der Ballaststoffaufnahme und dem Magenkrebsrisiko zu erhalten. (100, 106)

### **1.1.20 Kolorektales Karzinom**

Kolorektale Karzinome gehören in der westlichen Welt zu den häufigsten Tumoren, dabei machen Adenokarzinome den größten Teil aus. Das kolorektale Karzinom entsteht hauptsächlich aus Adenomen (Adenom-Karzinom-Sequenz), die Diagnose erfolgt oft erst spät, vielfach erst im Stadium der Metastasierung. Kolorektalkarzinome treten in Entwicklungsländern im Vergleich eher selten auf – ein Hinweis auf zivilisationsabhängige Umweltfaktoren. (100)

Diese Beobachtung machte schon Burkitt in den 1960er Jahren und vermutete einen Zusammenhang mit der erhöhten Ballaststoffaufnahme in Entwicklungsländern. (2)

Ben et al. analysierte 2014 im Rahmen einer Metaanalyse 20 Fall-Kontroll- und Kohortenstudien, welche den Zusammenhang zwischen kolorektalen Adenomen und der Ballaststoffzufuhr untersuchten. Die Ergebnisse dieser Metaanalyse unterstützen die Hypothese, dass die Aufnahme von Ballaststoffen umgekehrt mit dem Risiko für Kolorektaladenome assoziiert ist. Zwischen der höchsten und der niedrigsten Ballaststoffaufnahme konnte eine Risikoreduktion von 9% festgestellt werden. Dosis-Wirkungs-Modelle ergaben eine Reduktion des Risikos für die Entwicklung von Kolorektalen Adenomen um 9 % pro 10-g/Tag Zunahme der Ballaststoffzufuhr. (111)

In einem systematischen Review und einer Metaanalyse von 25 prospektiven Beobachtungsstudien konnte Aune et al. 2011 zeigen, dass ein hoher Verzehr von

Ballaststoffen, insbesondere von Getreidefasern und Vollkornprodukten, mit einem geringeren Darmkrebsrisiko einhergeht. (112)

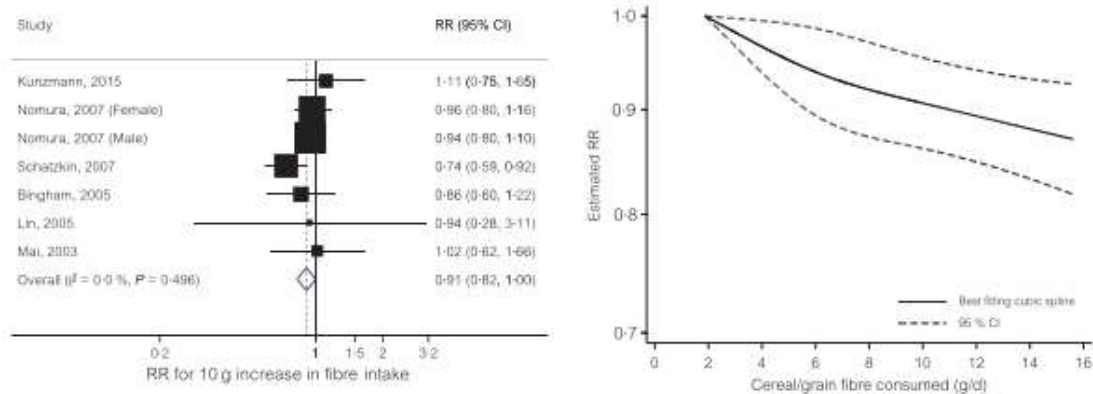
Die untenstehende Tabelle fasst diese Ergebnisse zusammen, das relative Risiko (RR) insgesamt bezieht sich auf die Unterschiede zwischen Personen mit der höchsten versus der niedrigsten Ballaststoffaufnahme. Die rechte Spalte beschreibt das relative Risiko bei einer Zunahme der Ballaststoffzufuhr von 10g pro Tag (für die Gesamtballaststoffmenge und Getreide) bzw. 3 Portionen täglich (für Vollkornprodukte).

**Tabelle 5: Darmkrebsrisiko im Zusammenhang mit dem Konsum verschiedener Ballaststoffe (112)**

<b>Ballaststoffgruppe</b>	<b>RR insgesamt</b>	<b>RR für 10g/Tag bzw. 3 Portionen</b>
Gesamtballaststoffmenge	0,88	0,9
Getreide	0,9	0,9
Vollkorn	0,79	0,83

Die Daten zeigen einen umgekehrten Zusammenhang zwischen der Aufnahme der Gesamtballaststoffmenge, Getreidefasern und Vollkornprodukten und dem Darmkrebsrisiko. Es konnten jedoch keine signifikanten Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Ballaststoffen aus Obst, Gemüse oder Hülsenfrüchten und dem Darmkrebsrisiko gefunden werden. (112)

Eine rezentere Analyse von 10 prospektiven Kohortenstudien aus dem Jahr 2019 konnte ebenfalls einen umgekehrten Zusammenhang zwischen Ballaststoffen und dem Darmkrebsrisiko feststellen, dabei war die Assoziation für Getreideballaststoffe am größten. Außerdem verringerten alle untersuchten Ballaststofftypen (Obst, Gemüse, Getreide, Leguminosen) das Risiko für kolorektale Adenome. (113)



**Abbildung 5: Dosis-Wirkungs-Metaanalysen von Getreideballaststoffen und dem Darmkrebsrisiko (113)**

Es werden mehrere Mechanismen diskutiert, welche diese Effekte bedingen könnten. Ballaststoffe dürften die Stuhlmasse erhöhen, fäkale Karzinogene verdünnen und die Transitzeit im Darm verkürzen, wodurch der Kontakt zwischen Karzinogenen und der Darmschleimhaut verringert wird. (1) Weiters sollen kurzkettigen Fettsäuren, die durch bakterielle Fermentation von Ballaststoffen gebildet werden, eine schützende Wirkung gegen die Entwicklung eines kolorektalen Karzinoms haben. (114)

Vollkorngetreide haben außerdem einen hohen Gehalt an Folsäure und Magnesium, welche mit einem geringeren Darmkrebsrisiko in Verbindung gebracht werden. (115, 116) Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass ein Teil dieser positiven Wirkung der Ballaststoffe durch eine verbesserte Gewichtskontrolle und eine verringerte Insulinresistenz vermittelt wird, auch wenn dies vermutlich nicht die Hauptmechanismen sind. (112)

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse auf eine Verringerung des Darmkrebsrisikos um 10 % je 10 g/Tag zusätzlicher Gesamtballaststoff- und Getreideballaststoffzufuhr und eine Verringerung um etwa 20 % je drei Portionen (90 g/Tag) Vollkornprodukte zusätzlich pro Tag hin, eine weitere Verringerung bei höherer Zufuhr scheint plausibel. (112)

### 1.1.21 Mammakarzinom

Das Mammakarzinom gilt als der häufigste maligne Tumor bei Frauen, die Inzidenz steigt mit zunehmendem Alter. Trotz der meist guten Prognose dieser Erkrankung ist das Mammakarzinom aufgrund seiner Häufigkeit von großer Relevanz. Zu den Risikofaktoren

für die Entwicklung von Brustkrebs gehören neben genetischen Faktoren Adipositas, Rauchen, Alkohol und eine ungesunde, fett- und fleischreiche Ernährung. (117)

In einem 2012 von Aune et al. durchgeführten systematische Review und einer Metaanalyse von Erkenntnissen aus prospektiven Studien wurde der Zusammenhang von Ballaststoffen und dem Brustkrebsrisiko untersucht. Dabei wurden die Ergebnisse von 16 Studien aus verschiedenen Ländern zusammengefasst. Die untenstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieser Analyse, das relative Risiko (RR) insgesamt bezieht sich auf die Unterschiede zwischen Personen mit der höchsten versus Personen mit der niedrigsten Ballaststoffaufnahme, die Spalte rechts listet das relative Risiko bei einer Zunahme der Ballaststoffzufuhr von 10g pro Tag auf. (118)

**Tabelle 6: Brustkrebsrisiko im Zusammenhang mit dem Konsum unterschiedlicher Ballaststoffe (118)**

<b>Ballaststoffgruppe</b>	<b>RR insgesamt</b>	<b>RR für 10g / Tag</b>
Gesamtballaststoffmenge	0,93	0,95
Früchte	0,95	0,88
Gemüse	0,99	0,97
Getreide	0,96	0,91
Lösliche Ballaststoffe	0,91	0,74
Unlösliche Ballaststoffe	0,96	0,96

Diese Studienergebnisse zeigen einen umgekehrten Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Ballaststoffen und dem Brustkrebsrisiko. Der Zusammenhang schien in Studien mit hohen Werten (>25 versus <25 g/Tag) der Ballaststoffaufnahme am stärksten ausgeprägt zu sein. Es zeigte sich, dass die Aufnahme von löslichen Ballaststoffen, in geringerem Maße von unlöslichen Ballaststoffen, Obst-, Gemüse- oder Getreidefasern in umgekehrtem Zusammenhang mit dem Brustkrebsrisiko stand. Diese Studienauswahl umfasste prospektive Studien. Selektionsbias und andere Verzerrungen können nicht ausgeschlossen werden. (118)

Eine frühere Metaanalyse von 12 Studien untermauert diese Daten, auch hier stellte man einen positiven Effekt auf die Mammakarzinomentwicklung durch Ballaststoffe fest. (119)

Mehrere Mechanismen dienen als Erklärung für diese Risikoreduktion. Tiermodelle zeigten eine Reduktion des Tumorwachstums an der Mamma bei einer ballaststoffreichen Diät. (120) Eine Studie stellte fest, dass die Inzidenz von Mammakarzinomen bei Ratten, welche mit löslichen und unlöslichen Ballaststoffen gefüttert wurden, geringer war im Vergleich zu Ratten, welche nur unlösliche Ballaststoffe fraßen. (121) Weiters konnte in Studien festgestellt werden, dass eine ballaststoffreiche Ernährung Veränderungen der Hormonspiegel im Blut, wie beispielsweise eine Reduktion von Östrogen bewirkt. (122) Ballaststoffe können Östrogene im Dickdarm innerhalb des enterohepatischen Kreislaufs binden und die fäkale Ausscheidung von Östrogenen erhöhen. Darüber hinaus können Ballaststoffe die Aktivität der intestinalen  $\beta$ -Glucuronidase verringern, die für die Hydrolyse konjugierter Östrogene vor der Absorption erforderlich ist, dies führt zu einer geringeren Rückresorption von Östrogenen. (118, 121)

### **1.1.22 Andere Krebserkrankungen**

Mehrere Studien berichten auch über Zusammenhänge zwischen der Ballaststoffzufuhr und anderen Krebsarten. Im Folgenden soll die aktuelle Studienlage zu diesem Thema kurz umrissen werden.

2014 publizierten Huang et al. eine Metaanalyse anhand von 7 Studien, darunter zwei Kohortenstudien und fünf Fall-Kontroll-Studien, die die momentane Datenlage zum Zusammenhang zwischen Ballaststoffzufuhr und Risiko eines Nierenzellkarzinoms darstellen sollte.

Die Ergebnisse stützen die Hypothese, dass die Aufnahme von Ballaststoffen in der Nahrung in umgekehrtem Zusammenhang mit dem Nierenzellkarzinomrisiko steht. Eine Risikoreduktion von 16 % konnte in der Gruppe mit der höchsten Ballaststoffaufnahme im Vergleich zur Gruppe mit der niedrigsten Ballaststoffaufnahme gezeigt werden.

Darüber hinaus beobachtete die Forschergruppe eine signifikante Verringerung des Nierenzellkarzinomrisikos bei der Aufnahme von Gemüse- und Hülsenfruchtfasern, nicht jedoch bei der Aufnahme von Getreide- und Obstfasern. (123)

Chen et al. führte 2018 eine Metaanalyse mit 3 Kohorten- und 12 Fall-Kontroll-Studien durch, in welcher die Ballaststoffzufuhr und Risiko an Endometriumkrebs zu erkranken analysiert wurde.

Ein umgekehrter Zusammenhang zwischen der Gesamtballaststoffaufnahme sowie der Aufnahme von Ballaststoffen aus Gemüse und dem Risiko von Endometriumkrebs konnte in Fall-Kontroll-Studien festgestellt werden. Für die Aufnahme von Obstfasern und unlöslichen Ballaststoffen wurde kein signifikanter Zusammenhang festgestellt.

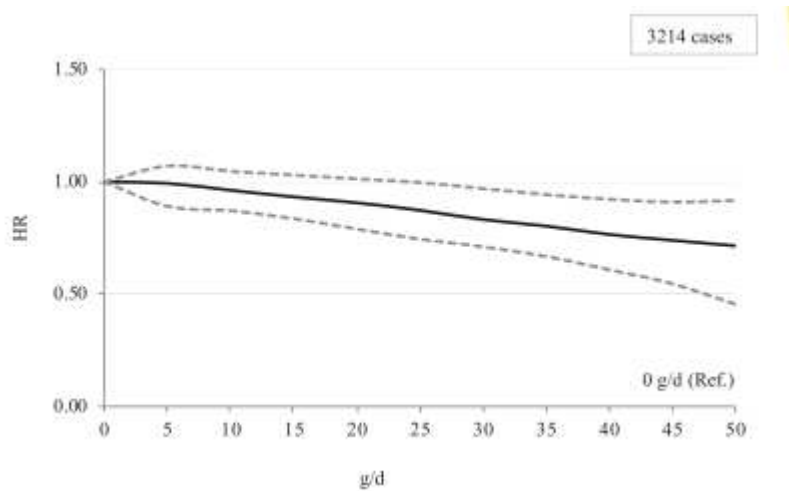
Insgesamt zeigen drei Kohortenstudien einen positiven Zusammenhang zwischen Getreidefasern und Endometriumkrebs. Ein hoher Verzehr von Getreideballaststoffen könnte eine hohe Kohlenhydratzufuhr widerspiegeln, eine langfristige hohe Kohlenhydratzufuhr erhöht das Adipositasrisiko und das Risiko von Endometriumkrebs. (124)

2021 veröffentlichten Nucci et al. einen systematischen Review und eine Metaanalyse von Beobachtungsstudien, welche den Zusammenhang von Ballaststoffaufnahme und dem Risiko an einem Pankreaskarzinom zu erkranken, untersuchten. Die Daten zeigten ein signifikant verringertes Krebsrisiko bei erhöhtem Ballaststoffverzehr. Besonders beachtenswert sind die Ergebnisse der weiblichen Studienteilnehmerinnen, für Frauen konnte eine 60%ige Risikoreduktion festgestellt werden, während ein höherer Ballaststoffverzehr bei Männern „nur“ zu einer 30%igen Risikoreduktion führte.(125)

Eine rezente Analyse von 10 prospektiven Kohortenstudien zeigte, dass vermehrter Ballaststoffkonsum das Lungenkrebsrisiko zu senken scheint. (126)

Frühere Studien zeigen, dass Ballaststoffe nicht nur Veränderungen im Darmmikrobiom, sondern auch im Mikrobiom der Lunge hervorrufen können, was eine mögliche Erklärung für diesen protektiven Effekt sein könnte. (127)

Auch hinsichtlich des Blasenkrebsrisikos konnte in einer gepoolten Analyse von 13 Kohortenstudien durch eine verstärkte Aufnahme von ballaststoffreicher Nahrung eine Risikoreduktion erzielt werden. Diesen Effekt beobachtete man vor allem verstärkt beim gemeinsamen Konsum von Ballaststoffen und Vollkornprodukten. (128)



**Abbildung 6: Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Aufnahme von Ballaststoffen und dem Risiko für Blasenkrebs unter Berücksichtigung der Gesamtballaststoffmenge (128)**

Eine großangelegte Kohortenstudie fand einen negativen Zusammenhang zwischen Ballaststoffen und dem Risiko, an einem hepatozellulären Karzinom zu erkranken, die Risikoreduktion betrug 31%, dieses Ergebnis bezieht sich vor allem auf die Ballaststoffquellen Gemüse, Bohnen und Getreide – bei Ballaststoffen aus Obst konnte man kein geringeres Risiko beobachten. (129)

## Diskussion

Die Studienlage zeigt auf, dass Ballaststoffe positive Wirkungen bezüglich aller untersuchten Aspekte zeigen. Neben der Risikoreduktion für die Entwicklung von Herz-Kreislaufkrankungen, Adipositas, Diabetes mellitus und verschiedenen Krebserkrankungen verändert eine ballaststoffreiche Ernährung auch das Mikrobiom und senkt das Mortalitätsrisiko im Vergleich zu Menschen mit einer geringeren Ballaststoffaufnahme. Außerdem beeinflusst eine ballaststoffreiche Ernährung auch viele Risikofaktoren anderer Erkrankungen.

Eine generelle Aussage über die Überlegenheit von einzelnen Ballaststoffquellen als auch hinsichtlich der Einteilung in lösliche und unlösliche Ballaststoffe lässt sich nicht machen. Während in gewissen Studien, wie beispielsweise in Bezug auf das Darmkrebsrisiko vor allem positive Effekte von Getreideballaststoffen gefunden wurden, zeigen andere Studien eine Überlegenheit von Ballaststoffen aus Obst. (55, 112) Ausgehend von diesen Erkenntnissen sollte eine Empfehlung für eine Erhöhung des Ballaststoffverzehrs aus verschiedenen Ballaststoffquellen ausgesprochen werden, um alle möglichen gesundheitlichen Vorteile so gut wie möglich auszunutzen zu können.

Es ergeben sich auch Limitationen hinsichtlich der Ergebnisse. In den meisten Studien, welche sich mit dem Thema Ballaststoffe befassen, erfolgte die Datenerhebung anhand von Fragebögen zu den Essgewohnheiten der untersuchten Personen, eine Messung der Diätadherenz sowie eine genaue Messung der aufgenommenen Ballaststoffe stellten in den Studien eher die Ausnahme dar. (84) Menschen sind außerdem dazu geneigt, während der Teilnahme an Studien ihr Verhalten zu ändern, da in diesem ja ihre Ess- und Lebensgewohnheiten beobachtet und analysiert werden – dieses Phänomen ist der Psychologie als „Hawthorne-Effekt“ bekannt. (130) Viele Studien zeigen auch, dass ein vermehrter Konsum von Ballaststoffen oft mit einer allgemein gesünderen Lebensweise einhergeht. (80)

All diese Faktoren können zu einer Verzerrung von Studienergebnissen führen, die Anzahl der Studien und deren Teilnehmerzahl sprechen dennoch für die Bedeutung der Ergebnisse.

Obwohl die Datenlage für einen vermehrten Ballaststoffkonsum spricht, nimmt der Großteil der Menschen zu geringe Mengen an Ballaststoffen zu sich. Es gibt natürlich innerhalb der Bevölkerung Unterschiede im Ballaststoffkonsum, so nehmen beispielsweise Menschen mit einem höheren Bildungsniveau mehr Ballaststoffe zu sich als Menschen mit geringer oder keiner Ausbildung. (28)

Es sollte ein Ziel sein, die Ballaststoffaufnahme in der gesamten Bevölkerung zu steigern, um das von den DACH-Ernährungsgesellschaften empfohlene Ballaststoffziel von mindestens 30g Ballaststoffen pro Tag zu erreichen, verschiedene Strategien sind in diesem Zusammenhang denkbar.

Verstärkte Aufklärung über die Vorteile einer ballaststoffreichen Ernährung als auch über gesunde Ernährung im Allgemeinen wäre ein erster Ansatz, um diese Ungleichheiten zu bereinigen. Dies könnte über Projekte in Schulen als auch über Werbeschaltungen und Informationen über Medien (Berichte, Dokumentationen) geschehen.

Leider sprechen oft der Geschmack, das Aussehen sowie die Verdaulichkeit von sehr ballaststoffhaltigen Produkten gegen die Entscheidung für Lebensmittel mit hohem Ballaststoffgehalt. (131) Neue Rezepte und Zubereitungsarten und somit ein besseres Image der Ballaststoffe könnten bei dieser Problematik in Zukunft Abhilfe verschaffen.

Andererseits muss betont werden, dass ballaststoffreiche Produkte wie beispielsweise Haferflocken günstig zu erwerben und in der Verwendung sehr vielseitig sind. Der Zusatz von kleinen Mengen von Ballaststoffen zu einer Mahlzeit ist geschmacklich meist gar nicht bemerkbar, stellt jedoch einen wichtigen Ansatz zur Steigerung der Ballaststoffaufnahme dar. (131) Dieser Ansatz könnte auch industriell genutzt werden, so wären ballaststoffangereicherte Produkte als gesündere Alternative zu herkömmlichen Produkten am Markt möglicherweise als Bereicherung im Supermarkt zu sehen.

Leider wird diese Strategie in der Lebensmittelindustrie auch missbräuchlich verwendet – immer öfter wird der sogenannte „Nutri-Score“ von Lebensmitteln durch den Zusatz geringer Mengen von Ballaststoffen manipuliert, um die Verkäuflichkeit von Produkten zu erhöhen. (132) Außerdem gibt es ein großes Angebot von sogenannten „Ballaststoff-Supplements“, die oftmals teuer verkauft werden und als Nahrungsergänzungsmittel dazu dienen sollen, den Aufnahmeempfehlungen für Ballaststoffe nachzukommen. Einerseits ist

die Studienlage hinsichtlich der Wirkung von isolierten Ballaststoffen nicht eindeutig – so sollen Ballaststoffe in Form von Isolaten geringere bis keine Auswirkungen auf das Sättigungsgefühl haben. Andererseits können auch der Zusatz von 2 Esslöffeln Weizenkleie (+3,6g Ballaststoffe) oder 1 Esslöffel Leinsamen (+2,2 g Ballaststoffe) zu einer Mahlzeit den Ballaststoffgehalt der Ernährung steigern und stellen die Notwendigkeit solcher Nahrungsergänzungsmittel in Frage. (1, 16)

Um einen vermehrten Ballaststoffverzehr in den Alltag zu integrieren ist es notwendig zu wissen, wie groß der Nährstoff- und vor allem Ballaststoffgehalt verschiedener Lebensmittel ist, viele Menschen haben Probleme bei dieser Einschätzung. (133) Der erste Schritt ist, ein Bewusstsein für den Ballaststoffgehalt sowie für die Relevanz von ballaststoffreicher Ernährung zu schaffen. Durch die aktive Beschäftigung mit der Ernährung und der konkreten Implementierung von ballaststoffreichen Lebensmitteln in die alltägliche Ernährung kann es gelingen, das Ballaststoffziel von 30 g Ballaststoffen pro Tag zu erreichen. Für die Praxis heißt das, auf Vollkornalternativen bei Lebensmitteln wie Nudeln, Reis und Brot umzustellen, Mehl mit hohen Typezahlen beim Backen zu verwenden, 3 Portionen Gemüse und 2 Portionen Obst täglich zu konsumieren und im Allgemeinen den Ballaststoffgehalt der konsumierten Nahrung im Auge zu haben. Dabei könnten neben altbewährten Nährwerttabellen in Zukunft vor allem Gesundheitsapps helfen, möglicherweise mit einem motivationssteigerndem „Belohnungssystem“ beim Erreichen des Ballaststoffziels. (131)

## Literaturverzeichnis

1. Elmadfa ICL. Ernährung des Menschen 2019.
2. DP B. Related disease—related cause? *Lancet*. 1969.
3. Kasper H. Ernährungsmedizin und Diätetik: Unter Mitarbeit von Walter Burghardt.: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2014.
4. Galen. *On the Properties of Foodstuffs*. Cambridge University Press. 2003.
5. Association A, Chemists oC. The definition of dietary fiber. *AAC Report*. 2001.
6. Lattimer JM HM. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*. 2010.
7. Weickert MO, Pfeiffer AFH. Impact of Dietary Fiber Consumption on Insulin Resistance and the Prevention of Type 2 Diabetes. *J Nutr*. 2018;148(1):7-12.
8. Capuano E. The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(16):3543-64.
9. Eastwood MA, Morris ER. Physical properties of dietary fiber that influence physiological function: a model for polymers along the gastrointestinal tract. *Am J Clin Nutr*. 1992;55(2):436-42.
10. Würsch P, Pi-Sunyer FX. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes. A review with special emphasis on cereals rich in beta-glucan. *Diabetes Care*. 1997;20(11):1774-80.
11. Cummings JH, Stephen AM. The role of dietary fibre in the human colon. *Can Med Assoc J*. 1980;123(11):1109-14.
12. Yang J, Wang HP, Zhou L, Xu CF. Effect of dietary fiber on constipation: a meta analysis. *World J Gastroenterol*. 2012;18(48):7378-83.
13. S. Miquel-Kergoat VA-B, B. Burton-Freeman, M. M. Hetherington. Effects of chewing on appetite, food intake and gut hormones: a systematic review and metaanalysis. *Physiology & Behavior*. 2015;151.
14. Chaudhri O, Small C, Bloom S. Gastrointestinal hormones regulating appetite. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2006;361(1471):1187-209.
15. Halford JE BaJC. Regulation of nutrient supply. The brain and appetite control. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1194.
16. Mah E, Liska DJ, Goltz S, Chu Y. The effect of extracted and isolated fibers on appetite and energy intake: A comprehensive review of human intervention studies. *Appetite*. 2023;180:106340.
17. de Leeuw JA, Bolhuis JE, Bosch G, Gerrits WJ. Effects of dietary fibre on behaviour and satiety in pigs. *Proc Nutr Soc*. 2008;67(4):334-42.
18. James WP, Branch WJ, Southgate DA. Calcium binding by dietary fibre. *Lancet*. 1978;1(8065):638-9.
19. Bergman CJ, Gualberto DG, Weber CW. Mineral binding capacity of dephytinized insoluble fiber from extruded wheat, oat and rice brans. *Plant Foods Hum Nutr*. 1997;51(4):295-310.
20. EFSA Panel on Dietetic Products N, Allergies. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*. 2010;8(3):1462.

21. V. DGfEe. Ballaststoffe (Nahrungsfasern) 2021 [
22. Agency UFS. FSA Nutrient and Food Based Guidelines for UK Institutions 2006 [Available from: [www.food.gov.uk](http://www.food.gov.uk).
23. Jones JM. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the 'fiber gap'. *Jones Nutrition Journal*. 2014.
24. The National Academies of Science: Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids [press release]. Washington, DC: National Academies Press 2002.
25. Bechthold A. Leitlinie Kohlenhydrate kompakt. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.; 2011.
26. Ausgewählte Fragen und Antworten zu Ballaststoffen [press release]. Bonn: Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V. 2021.
27. Soliman GA. Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. *Nutrients*. 2019;11(5).
28. Wien DfEdU. Österreichischer Ernährungsbericht. Bundesministerium für Gesundheit und Frauen; 2017.
29. Stephen AM, Champ MM, Cloran SJ, Fleith M, van Lieshout L, Mejbourn H, et al. Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. *Nutr Res Rev*. 2017;30(2):149-90.
30. Kim Y, Je Y. Dietary fiber intake and total mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Am J Epidemiol*. 2014;180(6):565-73.
31. Partula V, Deschasaux M, Druetne-Pecollo N, Latino-Martel P, Desmetz E, Chazelas E, et al. Associations between consumption of dietary fibers and the risk of cardiovascular diseases, cancers, type 2 diabetes, and mortality in the prospective NutriNet-Santé cohort. *Am J Clin Nutr*. 2020;112(1):195-207.
32. Reynolds AN, Akerman A, Kumar S, Diep Pham HT, Coffey S, Mann J. Dietary fibre in hypertension and cardiovascular disease management: systematic review and meta-analyses. *BMC Med*. 2022;20(1):139.
33. De Filippo C, Cavalieri D, Di Paola M, Ramazzotti M, Poullet JB, Massart S, et al. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2010;107(33):14691-6.
34. De Filippo C, Di Paola M, Ramazzotti M, Albanese D, Pieraccini G, Banci E, et al. Diet, Environments, and Gut Microbiota. A Preliminary Investigation in Children Living in Rural and Urban Burkina Faso and Italy. *Front Microbiol*. 2017;8:1979.
35. Schnorr SL, Candela M, Rampelli S, Centanni M, Consolandi C, Basaglia G, et al. Gut microbiome of the Hadza hunter-gatherers. *Nat Commun*. 2014;5:3654.
36. Smits SA, Leach J, Sonnenburg ED, Gonzalez CG, Lichtman JS, Reid G, et al. Seasonal cycling in the gut microbiome of the Hadza hunter-gatherers of Tanzania. *Science*. 2017;357(6353):802-6.
37. David LA, Maurice CF, Carmody RN, Gootenberg DB, Button JE, Wolfe BE, et al. Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*. 2014;505(7484):559-63.
38. Desai MS, Seekatz AM, Koropatkin NM, Kamada N, Hickey CA, Wolter M, et al. A Dietary Fiber-Deprived Gut Microbiota Degrades the Colonic Mucus Barrier and Enhances Pathogen Susceptibility. *Cell*. 2016;167(5):1339-53.e21.

39. Schroeder BO, Birchenough GMH, Ståhlman M, Arike L, Johansson MEV, Hansson GC, et al. Bifidobacteria or Fiber Protects against Diet-Induced Microbiota-Mediated Colonic Mucus Deterioration. *Cell Host Microbe*. 2018;23(1):27-40.e7.
40. Zou J, Chassaing B, Singh V, Pellizzon M, Ricci M, Fythe MD, et al. Fiber-Mediated Nourishment of Gut Microbiota Protects against Diet-Induced Obesity by Restoring IL-22-Mediated Colonic Health. *Cell Host Microbe*. 2018;23(1):41-53.e4.
41. Johansson ME, Phillipson M, Petersson J, Velcich A, Holm L, Hansson GC. The inner of the two Muc2 mucin-dependent mucus layers in colon is devoid of bacteria. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008;105(39):15064-9.
42. Makki K, Deehan EC, Walter J, Bäckhed F. The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host Microbe*. 2018;23(6):705-15.
43. Kovatcheva-Datchary P, Nilsson A, Akrami R, Lee YS, De Vadder F, Arora T, et al. Dietary Fiber-Induced Improvement in Glucose Metabolism Is Associated with Increased Abundance of *Prevotella*. *Cell Metab*. 2015;22(6):971-82.
44. Vanegas SM, Meydani M, Barnett JB, Goldin B, Kane A, Rasmussen H, et al. Substituting whole grains for refined grains in a 6-wk randomized trial has a modest effect on gut microbiota and immune and inflammatory markers of healthy adults. *Am J Clin Nutr*. 2017;105(3):635-50.
45. Costabile A, Klinder A, Fava F, Napolitano A, Fogliano V, Leonard C, et al. Whole-grain wheat breakfast cereal has a prebiotic effect on the human gut microbiota: a double-blind, placebo-controlled, crossover study. *Br J Nutr*. 2008;99(1):110-20.
46. Kjølbæk L, Benítez-Páez A, Gómez Del Pulgar EM, Brahe LK, Liebisch G, Matysik S, et al. Arabinoxylan oligosaccharides and polyunsaturated fatty acid effects on gut microbiota and metabolic markers in overweight individuals with signs of metabolic syndrome: A randomized cross-over trial. *Clin Nutr*. 2020;39(1):67-79.
47. Canfora EE, van der Beek CM, Hermes GDA, Goossens GH, Jocken JWE, Holst JJ, et al. Supplementation of Diet With Galacto-oligosaccharides Increases Bifidobacteria, but Not Insulin Sensitivity, in Obese Prediabetic Individuals. *Gastroenterology*. 2017;153(1):87-97.e3.
48. Myhrstad MCW, Tunsjø H, Charnock C, Telle-Hansen VH. Dietary Fiber, Gut Microbiota, and Metabolic Regulation-Current Status in Human Randomized Trials. *Nutrients*. 2020;12(3).
49. Organisation WH. Cardiovascular diseases (CVDs) 2011 [Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))].
50. Threapleton DE, Greenwood DC, Evans CE, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, et al. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *Bmj*. 2013;347:f6879.
51. Tong TYN, Appleby PN, Key TJ, Dahm CC, Overvad K, Olsen A, et al. The associations of major foods and fibre with risks of ischaemic and haemorrhagic stroke: a prospective study of 418 329 participants in the EPIC cohort across nine European countries. *Eur Heart J*. 2020;41(28):2632-40.
52. Srour B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, Allès B, Méjean C, Andrianasolo RM, et al. Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Santé). *Bmj*. 2019;365:l1451.
53. Crowe FL, Key TJ, Appleby PN, Overvad K, Schmidt EB, Egeberg R, et al. Dietary fibre intake and ischaemic heart disease mortality: the European

- Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Heart study. *Eur J Clin Nutr.* 2012;66(8):950-6.
54. Kelly SA, Hartley L, Loveman E, Colquitt JL, Jones HM, Al-Khudairy L, et al. Whole grain cereals for the primary or secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;8(8):Cd005051.
55. Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, Colditz GA, Rosner B, Willett WC, et al. A prospective study of nutritional factors and hypertension among US men. *Circulation.* 1992;86(5):1475-84.
56. Ascherio A, Hennekens C, Willett WC, Sacks F, Rosner B, Manson J, et al. Prospective study of nutritional factors, blood pressure, and hypertension among US women. *Hypertension.* 1996;27(5):1065-72.
57. Ludwig DS, Pereira MA, Kroenke CH, Hilner JE, Van Horn L, Slattery ML, et al. Dietary fiber, weight gain, and cardiovascular disease risk factors in young adults. *Jama.* 1999;282(16):1539-46.
58. Ye Z, Wu Q, Yang S, Zhang Y, Zhou C, Liu M, et al. Variety and quantity of dietary insoluble fiber intake from different sources and risk of new-onset hypertension. *BMC Med.* 2023;21(1):61.
59. Streppel MT, Arends LR, van 't Veer P, Grobbee DE, Geleijnse JM. Dietary fiber and blood pressure: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. *Arch Intern Med.* 2005;165(2):150-6.
60. Whelton SP, Hyre AD, Pedersen B, Yi Y, Whelton PK, He J. Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials. *J Hypertens.* 2005;23(3):475-81.
61. Ferrannini E, Buzzigoli G, Bonadonna R, Giorico MA, Oleggini M, Graziadei L, et al. Insulin resistance in essential hypertension. *N Engl J Med.* 1987;317(6):350-7.
62. Behall KM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr.* 2004;80(5):1185-93.
63. Hartley L, May MD, Loveman E, Colquitt JL, Rees K. Dietary fibre for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2016(1):Cd011472.
64. Brum J, Ramsey D, McRorie J, Bauer B, Kopecky SL. Meta-Analysis of Usefulness of Psyllium Fiber as Adjuvant Antilipid Therapy to Enhance Cholesterol Lowering Efficacy of Statins. *Am J Cardiol.* 2018;122(7):1169-74.
65. Wang H, Lichtenstein AH, Lamon-Fava S, Jacques PF. Association between statin use and serum cholesterol concentrations is modified by whole-grain consumption: NHANES 2003-2006. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(4):1149-57.
66. Organisation WH. The challenge of obesity 2011 [Available from: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/the-challenge-of-obesity>].
67. Miketinas DC, Bray GA, Beyl RA, Ryan DH, Sacks FM, Champagne CM. Fiber Intake Predicts Weight Loss and Dietary Adherence in Adults Consuming Calorie-Restricted Diets: The POUNDS Lost (Preventing Overweight Using Novel Dietary Strategies) Study. *J Nutr.* 2019;149(10):1742-8.
68. Li J, Zhang N, Hu L, Li Z, Li R, Li C, et al. Improvement in chewing activity reduces energy intake in one meal and modulates plasma gut hormone concentrations in obese and lean young Chinese men. *Am J Clin Nutr.* 2011;94(3):709-16.

69. Turnbaugh PJ, Hamady M, Yatsunencko T, Cantarel BL, Duncan A, Ley RE, et al. A core gut microbiome in obese and lean twins. *Nature*. 2009;457(7228):480-4.
70. Ley RE, Turnbaugh PJ, Klein S, Gordon JI. Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *Nature*. 2006;444(7122):1022-3.
71. Semova I, Carten JD, Stombaugh J, Mackey LC, Knight R, Farber SA, et al. Microbiota regulate intestinal absorption and metabolism of fatty acids in the zebrafish. *Cell Host Microbe*. 2012;12(3):277-88.
72. Davis HC. Can the gastrointestinal microbiota be modulated by dietary fibre to treat obesity? *Ir J Med Sci*. 2018;187(2):393-402.
73. Tucker LA, Thomas KS. Increasing total fiber intake reduces risk of weight and fat gains in women. *J Nutr*. 2009;139(3):576-81.
74. Du H, van der AD, Boshuizen HC, Forouhi NG, Wareham NJ, Halkjaer J, et al. Dietary fiber and subsequent changes in body weight and waist circumference in European men and women. *Am J Clin Nutr*. 2010;91(2):329-36.
75. Jovanovski E, Mazhar N, Komishon A, Khayyat R, Li D, Blanco Mejia S, et al. Can dietary viscous fiber affect body weight independently of an energy-restrictive diet? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2020;111(2):471-85.
76. Kim SJ, de Souza RJ, Choo VL, Ha V, Cozma AI, Chiavaroli L, et al. Effects of dietary pulse consumption on body weight: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*. 2016;103(5):1213-23.
77. Organisation WH. Diabetes 2023 [Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>].
78. Reynolds AN, Akerman AP, Mann J. Dietary fibre and whole grains in diabetes management: Systematic review and meta-analyses. *PLoS Med*. 2020;17(3):e1003053.
79. Bosello O, Ostuzzi R, Armellini F, Micciolo R, Scuro LA. Glucose tolerance and blood lipids in bran-fed patients with impaired glucose tolerance. *Diabetes Care*. 1980;3(1):46-9.
80. Meyer KA, Kushi LH, Jacobs DR, Jr., Slavin J, Sellers TA, Folsom AR. Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women. *Am J Clin Nutr*. 2000;71(4):921-30.
81. de Munter JS, Hu FB, Spiegelman D, Franz M, van Dam RM. Whole grain, bran, and germ intake and risk of type 2 diabetes: a prospective cohort study and systematic review. *PLoS Med*. 2007;4(8):e261.
82. Threapleton D, Greenwood, D., Evans, C., Cleghorn, C., Nykjaer, C., Woodhead, C., & Burley, V. . Dietary fibre intake and diabetes risk: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2013;72(Issue OCE4: Summer Meeting, 15–18 July 2013, Nutrition and healthy ageing).
83. Yao B, Fang H, Xu W, Yan Y, Xu H, Liu Y, et al. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: a dose-response analysis of prospective studies. *Eur J Epidemiol*. 2014;29(2):79-88.
84. Weickert MO, Möhlig M, Schöfl C, Arafat AM, Otto B, Viehoff H, et al. Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. *Diabetes Care*. 2006;29(4):775-80.
85. Weickert MO, Mohlig M, Koebnick C, Holst JJ, Namsolleck P, Ristow M, et al. Impact of cereal fibre on glucose-regulating factors. *Diabetologia*. 2005;48(11):2343-53.

86. Lindström J, Peltonen M, Eriksson JG, Louheranta A, Fogelholm M, Uusitupa M, et al. High-fibre, low-fat diet predicts long-term weight loss and decreased type 2 diabetes risk: the Finnish Diabetes Prevention Study. *Diabetologia*. 2006;49(5):912-20.
87. Honsek C, Kabisch S, Kemper M, Gerbracht C, Arafat AM, Birkenfeld AL, et al. Fibre supplementation for the prevention of type 2 diabetes and improvement of glucose metabolism: the randomised controlled Optimal Fibre Trial (OptiFiT). *Diabetologia*. 2018;61(6):1295-305.
88. Silva FM, Kramer CK, de Almeida JC, Steemburgo T, Gross JL, Azevedo MJ. Fiber intake and glycemic control in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutr Rev*. 2013;71(12):790-801.
89. Lammert A, Kratzsch J, Kusterer K, Hammes HP. Kohlenhydrattage als einfache und effektive Therapie der Insulinresistenz. *Diabetologie und Stoffwechsel*. 2006;1(S 1):A58.
90. Geissel W. Mit Kohlenhydrat-Tagen die Insulinresistenz durchbrechen. *Ärztezeitung*. 2017.
91. Howarth NC, Saltzman E, Roberts SB. Dietary fiber and weight regulation. *Nutr Rev*. 2001;59(5):129-39.
92. Weickert MO, Pfeiffer AF. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *J Nutr*. 2008;138(3):439-42.
93. Weickert MO, Roden M, Isken F, Hoffmann D, Nowotny P, Osterhoff M, et al. Effects of supplemented isoenergetic diets differing in cereal fiber and protein content on insulin sensitivity in overweight humans. *Am J Clin Nutr*. 2011;94(2):459-71.
94. Morimoto N, Kasuga C, Tanaka A, Kamachi K, Ai M, Urayama KY, et al. Association between dietary fibre:carbohydrate intake ratio and insulin resistance in Japanese adults without type 2 diabetes. *Br J Nutr*. 2018;119(6):620-8.
95. Greten FR, Grivennikov SI. Inflammation and Cancer: Triggers, Mechanisms, and Consequences. *Immunity*. 2019;51(1):27-41.
96. Ma Y, Hébert JR, Li W, Bertone-Johnson ER, Olendzki B, Pagoto SL, et al. Association between dietary fiber and markers of systemic inflammation in the Women's Health Initiative Observational Study. *Nutrition*. 2008;24(10):941-9.
97. North CJ, Venter CS, Jerling JC. The effects of dietary fibre on C-reactive protein, an inflammation marker predicting cardiovascular disease. *Eur J Clin Nutr*. 2009;63(8):921-33.
98. Ajani UA, Ford ES, Mokdad AH. Dietary fiber and C-reactive protein: findings from national health and nutrition examination survey data. *J Nutr*. 2004;134(5):1181-5.
99. Spencer CN, McQuade JL, Gopalakrishnan V, McCulloch JA, Vetizou M, Cogdill AP, et al. Dietary fiber and probiotics influence the gut microbiome and melanoma immunotherapy response. *Science*. 2021;374(6575):1632-40.
100. Braun JDM-W. *Basislehrbuch Innere Medizin* 2022.
101. Coleman HG, Murray LJ, Hicks B, Bhat SK, Kubo A, Corley DA, et al. Dietary fiber and the risk of precancerous lesions and cancer of the esophagus: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev*. 2013;71(7):474-82.
102. Kubo A, Block G, Quesenberry CP, Jr., Buffler P, Corley DA. Effects of dietary fiber, fats, and meat intakes on the risk of Barrett's esophagus. *Nutr Cancer*. 2009;61(5):607-16.

103. Mulholland HG, Cantwell MM, Anderson LA, Johnston BT, Watson RG, Murphy SJ, et al. Glycemic index, carbohydrate and fiber intakes and risk of reflux esophagitis, Barrett's esophagus, and esophageal adenocarcinoma. *Cancer Causes Control*. 2009;20(3):279-88.
104. McFadden DW, Riggs DR, Jackson BJ, Cunningham C. Corn-derived carbohydrate inositol hexaphosphate inhibits Barrett's adenocarcinoma growth by pro-apoptotic mechanisms. *Oncol Rep*. 2008;19(2):563-6.
105. El-Serag HB, Satia JA, Rabeneck L. Dietary intake and the risk of gastro-oesophageal reflux disease: a cross sectional study in volunteers. *Gut*. 2005;54(1):11-7.
106. Zhang Z, Xu G, Ma M, Yang J, Liu X. Dietary fiber intake reduces risk for gastric cancer: a meta-analysis. *Gastroenterology*. 2013;145(1):113-20.e3.
107. Grosse Y, Baan R, Straif K, Secretan B, El Ghissassi F, Cogliano V. Carcinogenicity of nitrate, nitrite, and cyanobacterial peptide toxins. *Lancet Oncol*. 2006;7(8):628-9.
108. Møller ME, Dahl R, Bøckman OC. A possible role of the dietary fibre product, wheat bran, as a nitrite scavenger. *Food Chem Toxicol*. 1988;26(10):841-5.
109. Augenlicht LH, Anthony GM, Church TL, Edelmann W, Kucherlapati R, Yang K, et al. Short-chain fatty acid metabolism, apoptosis, and Apc-initiated tumorigenesis in the mouse gastrointestinal mucosa. *Cancer Res*. 1999;59(23):6005-9.
110. Cañizares P, Gracia I, Gómez LA, García A, Martín De Argila C, Boixeda D, et al. Thermal degradation of allicin in garlic extracts and its implication on the inhibition of the in-vitro growth of *Helicobacter pylori*. *Biotechnol Prog*. 2004;20(1):32-7.
111. Ben Q, Sun Y, Chai R, Qian A, Xu B, Yuan Y. Dietary fiber intake reduces risk for colorectal adenoma: a meta-analysis. *Gastroenterology*. 2014;146(3):689-99.e6.
112. Aune D, Chan DS, Lau R, Vieira R, Greenwood DC, Kampman E, et al. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Bmj*. 2011;343:d6617.
113. Oh H, Kim H, Lee DH, Lee A, Giovannucci EL, Kang SS, et al. Different dietary fibre sources and risks of colorectal cancer and adenoma: a dose-response meta-analysis of prospective studies. *Br J Nutr*. 2019;122(6):605-15.
114. Clark MJ, Slavin JL. The effect of fiber on satiety and food intake: a systematic review. *J Am Coll Nutr*. 2013;32(3):200-11.
115. Sanjoaquin MA, Allen N, Couto E, Roddam AW, Key TJ. Folate intake and colorectal cancer risk: a meta-analytical approach. *Int J Cancer*. 2005;113(5):825-8.
116. Folsom AR, Hong CP. Magnesium intake and reduced risk of colon cancer in a prospective study of women. *Am J Epidemiol*. 2006;163(3):232-5.
117. Stauber MTW. *Gynäkologie und Geburtshilfe* 2007.
118. Aune D, Chan DS, Greenwood DC, Vieira AR, Rosenblatt DA, Vieira R, et al. Dietary fiber and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Ann Oncol*. 2012;23(6):1394-402.
119. Howe GR, Hirohata T, Hislop TG, Iscovich JM, Yuan JM, Katsouyanni K, et al. Dietary factors and risk of breast cancer: combined analysis of 12 case-control studies. *J Natl Cancer Inst*. 1990;82(7):561-9.

120. Taper HS, Roberfroid MB. Inulin/oligofructose and anticancer therapy. *Br J Nutr.* 2002;87 Suppl 2:S283-6.
121. Cohen LA, Zhao Z, Zang EA, Wynn TT, Simi B, Rivenson A. Wheat bran and psyllium diets: effects on N-methylnitrosourea-induced mammary tumorigenesis in F344 rats. *J Natl Cancer Inst.* 1996;88(13):899-907.
122. Monroe KR, Murphy SP, Henderson BE, Kolonel LN, Stanczyk FZ, Adlercreutz H, et al. Dietary fiber intake and endogenous serum hormone levels in naturally postmenopausal Mexican American women: the Multiethnic Cohort Study. *Nutr Cancer.* 2007;58(2):127-35.
123. Huang TB, Ding PP, Chen JF, Yan Y, Zhang L, Liu H, et al. Dietary fiber intake and risk of renal cell carcinoma: evidence from a meta-analysis. *Med Oncol.* 2014;31(8):125.
124. Chen K, Zhao Q, Li X, Zhao J, Li P, Lin S, et al. Dietary Fiber Intake and Endometrial Cancer Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 2018;10(7).
125. Nucci D, Santangelo OE, Provenzano S, Fatigoni C, Nardi M, Ferrara P, et al. Dietary Fiber Intake and Risk of Pancreatic Cancer: Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(21).
126. Yang JJ, Yu D, Xiang YB, Blot W, White E, Robien K, et al. Association of Dietary Fiber and Yogurt Consumption With Lung Cancer Risk: A Pooled Analysis. *JAMA Oncol.* 2020;6(2):e194107.
127. Trompette A, Gollwitzer ES, Yadava K, Sichelstiel AK, Sprenger N, Ngom-Bru C, et al. Gut microbiota metabolism of dietary fiber influences allergic airway disease and hematopoiesis. *Nat Med.* 2014;20(2):159-66.
128. Yu EYW, Wesselius A, Mehrkanoon S, Brinkman M, van den Brandt P, White E, et al. Grain and dietary fiber intake and bladder cancer risk: a pooled analysis of prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr.* 2020;112(5):1252-66.
129. Liu X, Yang W, Petrick JL, Liao LM, Wang W, He N, et al. Higher intake of whole grains and dietary fiber are associated with lower risk of liver cancer and chronic liver disease mortality. *Nat Commun.* 2021;12(1):6388.
130. Becker-Carus CMW. *Allgemeine Psychologie: Eine Einführung*: Springer; 2017.
131. Barber TM, Kabisch S, Pfeiffer AFH, Weickert MO. The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutrients.* 2020;12(10).
132. How a little bit of fibre can boost the Nutri-Score rating of your European dairy products: Tate&Lyle; 2021 [Available from: <https://www.tateandlyle.com/news/how-little-bit-fibre-can-boost-nutri-score-rating-your-european-dairy-products>].
133. Brown RE, Canning KL, Fung M, Jiandani D, Riddell MC, Macpherson AK, et al. Calorie Estimation in Adults Differing in Body Weight Class and Weight Loss Status. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(3):521-6.

## Appendix

Weiterführende Links:

- <https://www.dge.de/gesunde-ernaehrung/faq/ausgewaehlte-fragen-und-antworten-zu-ballaststoffen/>
- [https://www.dge-medien-service.de/media/productattach/d/g/dge\\_leitlinie\\_kh\\_kompakt\\_.pdf](https://www.dge-medien-service.de/media/productattach/d/g/dge_leitlinie_kh_kompakt_.pdf)
- [https://www.helios-gesundheit.de/fileadmin/UWS\\_Kliniken/Klinikum\\_Berlin-Zehlendorf/Unsere\\_Klinik/20171024\\_HKEvB\\_Fly\\_Ballaststoffe\\_8S\\_DRUCK.pdf](https://www.helios-gesundheit.de/fileadmin/UWS_Kliniken/Klinikum_Berlin-Zehlendorf/Unsere_Klinik/20171024_HKEvB_Fly_Ballaststoffe_8S_DRUCK.pdf)
- <https://www.accu-chek.de/ratgeber-diabetes/ernaehrung/ballaststoffe-diabetes#:~:text=Eine%20ballaststoffreiche%20Ern%C3%A4hrung%20bewirkt%20C%20dass,%20D2%2DDiabetes%20hilfreich%20sein.>
- [https://www.sprechzimmer.ch/News/Gesundheit\\_allgemein/Darmkrebs\\_Ballaststoffe\\_und\\_Vollkornprodukte\\_verringern\\_das\\_Risiko.html](https://www.sprechzimmer.ch/News/Gesundheit_allgemein/Darmkrebs_Ballaststoffe_und_Vollkornprodukte_verringern_das_Risiko.html)
- <https://dgk.de/meldungen/praevention-und-anti-aging/ballaststoffe-fuers-herz.html>
- <https://dzhk.de/aktuelles/news/artikel/wie-ballaststoffe-und-darmbakterien-den-herz-kreislauf-schuetzen/>

## Patient/-innen Informationsblatt: Ballaststoffe

Ballaststoffe sind ein wesentlicher Bestandteil einer optimalen Ernährung und bringen viele gesundheitliche Vorteile mit sich. Ballaststoffe sind Teile der Nahrung, die der menschliche Körper nicht oder nur teilweise spalten und aufnehmen kann und kommen als natürliche Bestandteile verschiedener Nahrungsmittel vor.

### Effekte von Ballaststoffen auf die Gesundheit

Blutdrucksenkend
Cholesterinsenkend
Unterstützende Wirkung bei Gewichtsabnahme
Verbesserung der Bakterienvielfalt im Darmmikrobiom
Verbesserung des Zuckerstoffwechsels
Vorbeugung und Therapie bei Verstopfung

Empfohlene Ballaststoffzufuhr: **mindestens 30 g Ballaststoffe täglich**

Als sehr ballaststoffreiche Lebensmittel gelten Vollkorngetreide, Hülsenfrüchte, Gemüse, und verschiedene Obstsorten. Die Mischung von unterschiedlichen Ballaststoffen bringt den größten gesundheitlichen Vorteil, mit einer abwechslungsreichen Ernährung können Sie Ihrem Körper diese wichtigen Nahrungsbestandteile zuführen. Wesentlich ist eine ausreichende Trinkmenge, so können die Ballaststoffe ihre beste Wirkung erreichen.

### Tipps, um den Ballaststoffkonsum zu erhöhen:

- Bei Lebensmitteln wie Reis, Brot und Nudeln die Vollkornvariante wählen
- Beim Backen Mehl mit hoher Typenzahl verwenden
- 3 Portionen Gemüse / Hülsenfrüchte und 2 Portionen Obst täglich (dabei zuckerarmes Obst bevorzugen und stark zuckerhaltiges Obst wie Mangos und Bananen vermeiden)

Eine ballaststoffreiche Ernährung senkt das Risiko verschiedene Krankheiten zu entwickeln:

- **Diabetes mellitus**
- **Herz-Kreislauferkrankungen**
- **Schlaganfall**
- **Übergewicht**
- **Speiseröhrenkrebs**
- **Magenkrebs**
- **Darmkrebs**
- **Brustkrebs**

### Mahlzeiteninspiration zum Erreichen des Ballaststoffziels

Mahlzeit	Lebensmittel	Ballaststoff-gehalt
Frühstück	Haferbrei (40 g Haferflocken)	4 g
	1 Kiwi	2,9 g
Mittagessen	200 g Rosenkohl	8,8 g
	200g Vollkornnudeln	10,2 g
Snack	1 Apfel	2,5 g
	3 Vollkornkekse	2,6 g
Abendessen	1 Scheibe Vollkornbrot (50g)	3,9 g
	Paprika (100g)	3,6 g
Summe		38,5 g