

# Ein Mix gesunder Fasern

## Systematik und Eigenschaften der Ballaststoffe

### A Mix of Healthy Fibres

#### Classification and Characteristics of Dietary Fibres

#### Autor

H. Heseker

#### Institut

Institut für Ernährung, Konsum und Gesundheit, Universität Paderborn

#### Schlüsselwörter

- Nahrungsfasern
- Systematik
- physikochemische Eigenschaften
- physiologische Effekte
- Verdauungstrakt
- Glukosestoffwechsel

#### Keywords

- dietary fibres
- classification
- physicochemical characteristics
- physiological effects
- digestive tract
- glucose metabolism

#### Bibliografie

**DOI** <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1360021>  
 Aktuell Ernährungsmed 2014; 39, Supplement 1: S2–S4  
 © Georg Thieme Verlag KG  
 Stuttgart · New York  
 ISSN 1862-0736

#### Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. Helmut Heseker**  
 Fakultät für Naturwissenschaften, Department Sport und Gesundheit, Institut für Ernährung, Konsum und Gesundheit  
 Warburger Straße 100  
 33098 Paderborn  
 Tel.: 05251/60-3835  
 heseker@evb.upb.de

#### Zusammenfassung



Die Substanzklasse der Ballaststoffe umfasst eine Vielzahl heterogener Verbindungen meist pflanzlicher Herkunft, die im Dünndarm nicht oder nur teilweise gespalten werden. Sie unterscheiden sich in ihren physikochemischen Eigenschaften wie Wasserlöslichkeit, Wasserhaltekapazität, Viskosität, Fermentierbarkeit und Absorptionsvermögen. Damit sind unterschiedliche physiologische Wirkungen verbunden. Wasserunlösliche Nahrungsfasern wie Cellulose oder Hemicellulosen binden viel Wasser und beeinflussen den Darmtransit des Speisebreis. Wasserlösliche Fasern wie Pektine und andere Quellstoffe haben darüber hinaus physiologische Effekte auf den Stoffwechsel. Sie reduzieren die Absorption von Glukose und Fetten, binden Gallensäuren und Schadstoffe und erhöhen die fäkale Masse.

Nahrungsfasern entfalten in allen Abschnitten des Gastrointestinaltrakts positive gesundheitliche Effekte. Die verschiedenen Substanzen ergänzen sich, können einander aber nicht ersetzen. Im Mund begünstigen sie im jungen Alter die Zahntwicklung, im Magen bewirken sie ein verstärktes Sättigungsgefühl, im Dünndarm regen sie die Peristaltik an und beschleunigen die Darmassage des Speisebreis, im Kolon entstehen Fermentationsprodukte mit regulatorischen Funktionen.

Ballaststoffe ist der Sammelbegriff für verschiedene Kohlenhydrate inklusive Lignin, die der enzymatischen Verdauung im Dünndarm entgehen und im Dickdarm teilweise oder vollständig fermentiert werden [1, 2]. Sie kommen vorwiegend in versorgenden Geweben und stützenden Bestandteilen von Pflanzen vor. Hauptsächlich handelt es sich um Polymere aus Glukose, Galaktose, Mannose, Arabinose, Xylose und Uronsäuren [3]. Da der Begriff Ballaststoffe missverständlich sein

#### Abstract



The substance class of dietary fibres comprises a multitude of heterogeneous compounds of mostly plant origin, which are not, or only partly, decomposed in the small bowel. They differ with regard to their physicochemical characteristics, such as solubility in water, capacity to hold water, viscosity, fermentability, and absorption capacity. Different physiological effects are associated with all these. Dietary fibres that are not soluble in water, such as celluloses or hemicelluloses, bind a lot of water and affect the passage of the chyme through the bowel. Water soluble fibres, such as pectin and other bulking agents, additionally have physiological effects on the metabolism. They reduce the absorption of glucose and fats, bind bile acids and harmful substances, and increase the faecal volume.

Dietary fibres have positive effects in all sections of the gastrointestinal tract. The different substances complement, but cannot substitute, one another. In young people they benefit the oral dental development, in the stomach they result in an increased feeling of satiety, in the small bowel they stimulate the peristalsis and accelerate the intestinal passage of the chyme; in the colon, fermentation products with regulatory functions develop.

kann, sollte besser von Nahrungsfasern gesprochen werden, analog zur Bezeichnung „dietary fibre“ im englischsprachigen Raum.

Nahrungsfasern umfassen eine sehr heterogene Gruppe chemisch unterschiedlicher Lebensmittelinhaltsstoffe (Abb. 1). Die Systematik unterscheidet vier Gruppen: Polysaccharide (Nicht-Stärke-Kohlenhydrate), Oligosaccharide, resistente Stärken und Lignin. Zu den Polysacchariden gehören Cellulose, Hemicellulose, Pektine, Speicher-

## Systematik der Nahrungsfasern

## ➤ Polysaccharide

(Nicht-Stärke-Kohlenhydrate)

- Cellulose
- Hemicellulose
- Pektine
- Speicherpolysaccharide
  - Guar (Leguminosensamen)
  - Inulin (u.a. Chicorée, Topinambur)
- Pflanzengummi
  - Gummi arabicum
  - Polygalacturonate (Tragant)
- Schleimstoffe
  - Psyllium (Flohsemen)
  - Carubin (Johannisbrotkernmehl)

## ➤ Oligosaccharide

- Fructooligosaccharide (FOS)
- Galaktooligosaccharide (GOS)
- Maltodextrin, Raffinose, Stachyose

## ➤ resistente Stärke

- große Partikel
- kristalline Struktur
- retrogradierte (rekristallisierte) Stärke

## ➤ Lignin

**Abb. 1** Unter dem Dachbegriff Nahrungsfasern finden sich viele unterschiedliche Substanzen, die eines gemeinsam haben: Sie werden im Dünndarm nicht oder nur teilweise abgebaut.

polysaccharide wie Guar und Inulin, Pflanzengummi und Schleimstoffe. Die Oligosaccharide umfassen Fructo- und Galaktooligosaccharide (FOS und GOS), Maltodextrin, Raffinose und Stachyose. Resistente Stärken zählen seit einigen Jahren ebenfalls zu den Nahrungsfasern [1].

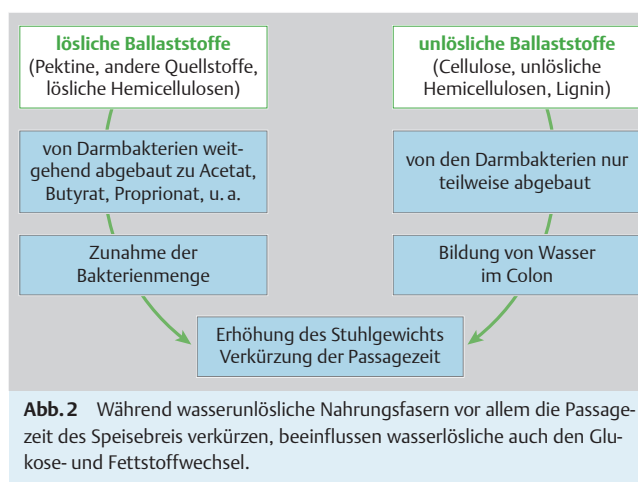
### Unterschiedliche Wirkungen

Nahrungsfasern unterscheiden sich deutlich in ihren physikochemischen Eigenschaften. Abhängig von der chemischen Struktur und den makroskopischen Charakteristika wie beispielsweise der Korngröße unterscheiden sie sich in puncto Wasserlöslichkeit, Wasserhaltekapazität/Wasserbindungsvermögen, Viskosität, Fermentierbarkeit und Absorptionsvermögen von Mineralstoffen und Spurenelementen, Schwermetallen, Sterolen oder Giftstoffen. Damit sind unterschiedliche ernährungsphysiologische Effekte verbunden [3].

Wasserlösliche Fasern können von den Darmbakterien gut fermentiert werden. Der Umfang hängt von der chemischen Struktur und der Löslichkeit der Fasern ab, bei Zellwandbestandteilen vom Zelltyp und der Anordnung der Polymere in der Pflanzenwand. Auch die Zusammensetzung der Darmmikrobiota spielt eine Rolle. Lösliche Fasern regulieren die Darmfunktion und haben deutliche Effekte auf den Glukose- und Fettstoffwechsel. Viele lösliche Fasern wie Pektin, Gummi und Beta-Glucan bilden bereits im Dünndarm viskose Gele, welche die Absorption von Glukose und Fetten reduzieren. Dadurch verbessern sie die postprandiale Glukose- und Insulinantwort und senken den Cholesterinspiegel im Blutserum. Einige Fasern vergrößern die Bakterienmasse. Da die Bakterien bis zu 80% Wasser enthalten, üben sie eine wichtige Funktion bei der Wasserbindung im Stuhl aus. Nicht wasserlösliche Fasern beeinflussen den Darmtransit, aber auch die Frequenz und Konsistenz des Stuhls. Sie können außerdem viel mehr Wasser binden als lösliche Fasern [4, 5].

### Wichtige Nahrungsfasern im Porträt

**Cellulose:** Pflanzliche Zellwände enthalten oft Gemische aus verschiedenen Nahrungsfasern. Ein wichtiger Vertreter ist die Cellulose. Sie findet sich als Struktursubstanz in den meisten Pflanzen und besteht aus langen, unverzweigten Ketten mit bis zu 10000 Glukosemolekülen. Diese bilden Mikrofibrillen, die sich zu Fibrillen bündeln und hohe Zugfestigkeit besitzen. Die Glukosemoleküle sind über eine  $\beta$ -1,4-glykosidische Bindung verknüpft, die



**Abb. 2** Während wasserunlösliche Nahrungsfasern vor allem die Passagezeit des Speisebreis verkürzen, beeinflussen wasserlösliche auch den Glukose- und Fettstoffwechsel.

der Mensch und andere Monogaster nicht aufspalten können. Dazu kommen zwischenmolekulare Wasserstoffbrücken, die unlösliche, kristalline Bereiche bilden.

Anaerobe Bakterien im Blinddarm und im aufsteigenden Colon sind dagegen in der Lage, Cellulose abzubauen. Dabei entstehen unter anderem kurzkettige Fettsäuren.

**Hemicellulose:** Cellulosefibrillen sind von anderen Nahrungsfasern umgeben, etwa von Hemicellulose. Hemicellulose ist ein Sammelbegriff für ein Gemisch aus Polysacchariden, die unter anderem aus Pentosen, Hexosen oder Uronsäuren bestehen. Sie enthalten lange Haupt- und viele Seitenketten und dienen Zellwänden als Stütz- und Gerüstsubstanz, oft im Verbund mit Cellulose. Ihr Anteil an der Zellmasse beträgt 25–35%. In Weizen, Gerste, Gemüse und Obst findet man überwiegend Hexosane, während Roggen und Hafer vor allem Pentosane enthalten, die schleimig und quellfähig sind.

**Pektine:** Pektine sind pflanzliche Polysaccharide aus  $\alpha$ -1,4-glykosidisch verknüpften Galacturoseeinheiten, sogenannte Polyuronide. Sie kommen ebenfalls in Zellwänden vor und bilden sehr große Makromoleküle, die Seitenketten aufweisen können, unterschiedlich stark methyliert und verestert sind. Sie zeichnen sich durch Gel- und Komplexbildung aus, haben eine hohe Bindungskapazität und wirken als Kationenaustauscher. Zu finden sind sie in den Zellwänden dikotyler Pflanzen. Zellwände von Äpfeln, Möhren oder Aprikosen enthalten rund 1–1,5%, Apfeltresster 15%, Zitruschalen 30% Pektine. Getreide enthält dagegen kaum Pektine.

**Speicherpolysaccharide:** Zu den Speicherpolysacchariden gehören Inulin und Guar. Inulin besteht aus  $\beta$ -2,1-glykosidisch verknüpften Fructosemolekülen. Es hat eine Kettenlänge von bis zu 100 Molekülen mit einem endständigen Glukoserest. Niedermolekulares Inulin ist besser löslich als hochmolekulares. Inulin kommt als Reservestoff unter anderem in Topinambur, Chicoree, Schwarzwurzeln oder Artischocken vor. Die Lebensmittelindustrie verwendet Inulin als Präbiotikum. Guar ist ein komplexes Polysaccharid aus langen Galaktomannanketten, gut wasserlöslich und fermentierbar. Es kommt beispielsweise in Leguminosensamen vor und wird in der Lebensmittelindustrie verwendet.

**Schleimstoffe:** Schleimstoffe sind lösliche Polysaccharide, die meist aus den Samenhüllen bestimmter Pflanzen gewonnen werden. Sie haben ein sehr hohes Wasserbindevermögen, bilden schleimige, hochvisköse Lösungen und können unter anderem Cholesterin binden. In der Lebensmittelindustrie dienen sie als Quellstoffe, Stabilisatoren und Verdickungsmittel. Vertreter sind Psyllium aus Flohsamen und Carubin aus Johannisbrotkernmehl. Psyllium stammt aus den Schalen des Flohsamens und besitzt eine hohe Wasserbindungskapazität. Carubin besteht aus hochmolekularem Galaktomannan.

**Oligosaccharide:** Sie bestehen aus 3–9 Monomeren, sind leicht wasserlöslich und gut fermentierbar. Dazu gehören Fructo- und Galaktooligosaccharide, außerdem Maltodextrin, Raffinose und Stachyose. Fructooligosaccharide kommen in den gleichen Lebensmitteln wie Inulin vor, bilden aber kürzere Ketten. Galaktooligosaccharide sind eine Mischung aus Glukose und Galaktose; sie sind in Mutter- und Kuhmilch enthalten. Maltodextrin entsteht durch partielle Hydrolyse von Stärke, Raffinose ist ein Trisaccharid aus Galaktose, Glukose und Fruktose. Stachyose ist dagegen ein Tetrasaccharid aus zwei Galaktose-, einem Glukose- und einem Fructosemonomer.

**Resistente Stärke:** Resistente Stärke sind Fraktionen natürlicher Stärke, die im Dünndarm nicht gespalten werden können und folglich unverändert in den Dickdarm gelangen. Man unterscheidet vier Gruppen:

- ▶ Physikalisch resistente Stärke (RS1) findet sich in grob geschroteten Getreidekörnern oder innerhalb von Zellwänden, die von der Amylase nicht völlig hydrolysiert werden.
- ▶ Resistente Stärkegranula (RS2) sind native Stärkekörnchen mit kristalliner Struktur, die etwa in Bananen, rohen Kartoffeln und hochamylosehaltiger Maisstärke vorkommen. Die kristalline Struktur erschwert den enzymatischen Abbau.
- ▶ Retrogradierte Stärke (RS3) entsteht beim Erhitzen und anschließenden Abkühlen von Stärke, etwa in gekochten Kartoffeln, Brotkrusten, Cornflakes und retrogradiertem hochamylosehaltiger Maisstärke. Dabei bildet sich eine kompakte Kristallstruktur, die für die Verdauungsenzyme unzugänglich ist.
- ▶ Modifizierte Stärke (RS4) ist durch lebensmitteltechnologische Verfahren in ihrer Struktur so verändert, dass sie für die Verdauungsenzyme nicht mehr angreifbar ist. Ein Beispiel sind Dextrine, die eine veränderte Vernetzung der Ketten aufweisen.

**Lignin:** Lignine sind phenolische Makromoleküle, die sich durch hohe Druckfestigkeit auszeichnen und in verholzten Zellen vorkommen. Sie sind in Bohnenfäden, Obstkernen und Getreideschalen enthalten. Der Ligningehalt in Lebensmitteln ist gering und liegt meist unter 1%.

## Effekte im Verdauungstrakt

▼ Nahrungsfasern entfalten ihre Effekte im gesamten Verdauungstrakt. Im oropharyngealen Bereich erfordern sie aufgrund der höheren Festigkeit eine intensive Kauarbeit. Im Mund wird die Nahrung eingespeichelt und dabei mit Gleit- und Schleimsubstanzen sowie Amylasen vermischt. Glukose wird aus intakten pflanzlichen Lebensmitteln, in denen die Stärke von Nahrungsfasern umgeben ist, langsamer freigesetzt. Studien zeigen, dass ein reichlicher Verzehr von Nahrungsfasern im jungen Alter die Zahnentwicklung günstig beeinflusst, eine faserarme Kost im Alter dagegen mit einem schlechten Zahnzustand assoziiert ist.

Im Magen vergrößern Nahrungsfasern das Volumen der Nahrung, ohne den Energiegehalt zu steigern. Einige binden viel Wasser und quellen im Magen weiter auf. Durch die resultierende Volumenerhöhung wird der Magen stärker gedehnt, was zur Ausschüttung von Ghrelin führt und das Sättigungsgefühl verstärkt. Darüber hinaus können Nahrungsfasern die Verweildauer der Nahrung im Magen verlängern. Die Entleerungsrate hängt unter anderem von der Partikelgröße der Nahrung ab.

Im Dünndarm binden Nahrungsfasern erneut Wasser, erhöhen so das Volumen des Speisebreis und den Druck auf die Darmwand. Das regt die Peristaltik an und führt zu einer kürzeren Verweildauer des Speisebreis im Darm. Neben Wasser binden Nahrungsfasern Mineralstoffe und Spurenelemente, aber auch Gallensäuren und Toxine, die anschließend ausgeschieden werden. An Nahrungsfasern gebundene Gallensäuren und deren Salze werden an der Rückresorption im Ileum gehindert. Im biologischen Verbund mit Stärke verlangsamen Nahrungsfasern die Glukoseresorption. Eine erhöhte Viskosität des Chymus verlangsamt die Absorption ebenfalls.

Im Kolon wird ein Teil der Nahrungsfasern und der resistenten Stärke durch die Darmbakterien fermentiert. Dabei entstehen zum einen geruchslose Gase wie Kohlendioxid, Methan und Wasserstoff. Raffinose, Stachyose und Verbascose aus Hülsenfrüchten können eine exzessive Gasproduktion bewirken. Zum anderen entstehen kurzkettige Fettsäuren wie Acetat, Propionat und Butyrat, die weitgehend durch die Kolonschleimhaut absorbiert werden und zur Ernährung der Schleimhautzellen beitragen [1, 4].

Grundsätzlich haben die verschiedenen Nahrungsfasern unterschiedliche Eigenschaften. Sie ergänzen sich in ihren Wirkungen auf den Verdauungstrakt, können einander aber nicht ersetzen. Isolierte Komponenten wirken anders als im natürlichen Verbund in der intakten Zellwand.

## Interessenkonflikt

▼ Der Autor hat keinen Interessenkonflikt.

## Literatur

- 1 Johnson IT. Dietary fiber. In: Erdman JW et al., Hrsg. Present Knowledge in Nutrition. 10th ed. ILSI. Hoboken: Wiley-Blackwell; 2012: 97–115
- 2 Willis HJ, Slavin JL. Dietary Fiber. In: Ross AC et al. Hrsg. Modern Nutrition in Health and Disease. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, Lippincott Williams & Wilkins; 2012: 58–65
- 3 Bunzel M, Steinhart H. Ballaststoffe aus Pflanzenzellwänden. Chemische und strukturelle Merkmale. Ernährungs-Umschau 2003; 50: 469–475
- 4 Meier RF. Ballaststoffe. In: Biesalski HK et al., Hrsg. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2010: 74–84
- 5 Ternes W, Täufel A, Tunger L, Zobel M. Lebensmittel-Lexikon. Hamburg: Behr's Verlag; 2005: 163–167