DGKJ-Kurs
Pädiatrische Ernährungsmedizin

Block I: 23.-26.02.2022

Block II: 23.-26.03.2022

E-Learning-Block

Modul	h	Thema
Lerneinheit I		
1.1	2	Grundkenntnisse des Energie-SW., d. physiol. Funktionen, Verdauung, Absorption u. endogenen Verwertung / Sport und Ernährung
1.2	2	Makro- und Mikronährstoffe
1.3	1	Prävention ernährungsbedingter Krankheiten
1.4	1	Ballaststoffe
Lerneinheit II		
2.1	1	Prä- und Probiotika
2.2	1	Lebensmittelkunde, functional food
2.3	2	Lebensmittelsicherheit, Verbraucherschutz
2.4	1	Grundlagen der Ernährungstherapie
2.5	1	Grundlagen der Ernährungswissenschaft
Lerneinheit III		
3.1	1	Gesundheitsökonomische Aspekte
3.2	2	Berücksichtigung der Behandlungsform (z.B. Akut-klinik; Reha-, Pflegeeinrichtung, ambulant)
3.3	1	Gemeinschaftsverpflegung
3.4	2	Organisation und Qualitätssicherung der Ernährungsmedizin

Ballaststoffe

Referentin:
Prof. Dr. Anika Wagner

Erklärung von Interessen

Hiermit erkläre ich, dass der Inhalt meines Vortrags/Seminars produkt- und dienstleistungsneutral gestaltet ist und kein Interessenkonflikt hinsichtlich Anstellungsverhältnis, Berater-bzw. Gutachtertätigkeit, Besitz von Geschäftsanteilen, Aktien oder Fonds, Patenten, Urheberrechten, Verkaufslizenzen, Honorarzahlungen, Finanzierung wissenschaftlicher Untersuchungen sowie anderer finanzieller Beziehungen besteht.

Giessen, 31.01.2022 *Prof. Dr. Anika Wagner*

Gliederung

- Definition
- Vorkommen von Ballaststoffen
- Komponenten einzelner Ballaststoffgruppen
- Analysemethoden
- Physiologische Wirkungen
- Empfehlungen zur Ballaststoffzufuhr

Ballaststoffe

Ballaststoffe (Nahrungsfasern, Dietary Fibre, Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP))
= natürliche Bestandteile von Pflanzenzellen u./o. natürlicherweise vorkommende oder durch technologische Verfahren gewonnene isolierte Kohlenhydrate (aus mind. 10 monomeren Bauteilen bestehende Polymere), die durch das menschliche Enzymsystem im Dünndarm nicht oder nur unvollständig von der Dickdarmflora fermentiert werden können

(Definition *Deutsche Lebensmittelchemische Gesellschaft*)

- chemisch sehr heterogen
- dienen Pflanze als Struktur-, Stütz- und Reservesubstanzen
- sind ernährungsphysiologisch wichtig
- hauptsächlich im Gerüstgewebe und den Randschichten unverarbeiteter pflanzlicher Lebensmittel (“Verpackungsmaterial” pflanzl. Inhaltsstoffe)

Einteilung der Ballaststoffe

Kategorie	Herkunft/Eigenschaft	Beispiele
Oligosaccharid-Ballaststoffe	Leguminosen-Oligosaccharide Prebiotika	Raffinose, Stachyose, Verbascose Fructooligosaccharide (FOS) Galactooligosaccharide (GOS)
Polysaccharid-Ballaststoffe Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)	Prebiotika	Inulin (Polyfructan)
	Quellstoffe aus: – Meeresalgen – Samen – Bäumen (Exsudate) – Zellwänden	 Agar-Agar, Carageen, Alginate Pflanzenschleime, z.B. Guar, Carubin, Tara Pflanzengummen, z.B. G. arabicum, Traganth Hemicellulosen[1], β-Glucane[1], Pektine[2]
	Halbsynthetische Quellstoffe	Methyl-, Carboxymethylcellulose
	Füllstoffe	Cellulose[1]
Stärke-Derivate	Resistente Stärken	native Stärke in Zellwänden (z.B. in Samen) native Stärkekörnchen (z.B. in unreifen Bananen) modifizierte Stärke (Dextrine) **retrogradierte Stärke (z.B. in Brotkruste)**
Nicht-Kohlenhydrat-Ballaststoffe	Füllstoffe	**Lignin (vernetzte Phenylpropan-Derivate)** **Cutin, Suberin u.a. Wachse**
	Begleitstoffe	**Salze organischer Säuren (z.B. Phytate[3], Oxalate)** **nicht-verdauliches Protein**

Tab. 7-1: Einteilung der Ballaststoffe (lösliche und wasserunlösliche Ballaststoffe)
[1] Hemicellulosen (z.B. Gluco-/Galactomannane) und β-Glucane sind teilweise, Cellulosen wenig wasserlöslich.
[2] Pektin aus Äpfeln und Zitrusfrüchten entsteht bei der Reifung aus Protopektin.
[3] Phytinsäure, der Hexaphosphorsäureester des *meso*-Inositols, bildet Chelate mit Ca, Mg, Fe und Zn, aber auch mit Pb und Cd, deren Bioverfügbarkeit aus pflanzlichen Lebensmitteln dadurch verringert wird. Interaktionen mit Nahrungsproteinen beeinflussen die Proteinverdaulichkeit negativ; Komplexierung von Stärkemolekülen verzögert die Glucoseabsorption.

Schek A, Ernährungslehre kompakt, 6. Auflage, 2017, Umschau Zeitschriftenverlag Wiesbaden

Unterschied Quell- und Füllstoffe

Quellstoffe

- binden Wasser, Nahrungsvolumen im Magen↑
- lange Sättigung
- Darmperistaltik ↑
- während der Verdauungstätigkeit Quellstoffvolumen↓

Füllstoffe

- Volumen bleibt unverändert hoch
- Anregung der Darmtätigkeit bis in tiefere Darmschichten

Kompononeten der Ballaststoffgruppe (1)

Zellulose

- häufigste in der Biosphäre auftretende organische Verbindung (besteht ausschließlich aus Glucose)
- β-1,4-glykosidische Bindung der Glucose
- Säugetiere besitzen keine Zellulasen (⇨ Holz- u. Pflanzenfasern können nicht verdaut werden)
- Wiederkäuer: können holzartige Pflanzenteile bis zu einem gewissen Grad verdauen (Bakterien im Pansen, die β-1,4-Bindungen spalten können)

β-Glucane

- Enthalten zusätzlich zu β-1,4- eine β-1,3-Verknüpfung der Glucoseeinheiten

Kompononeten der Ballaststoffgruppe (2)

Hemicellulosen

- Hauptballaststoff in Weizen und Roggen
- Zählen zu den unlöslichen BS, sind aber durch kürzere, verzweigte Ketten im sauren o. alkalischen Milieu löslich
- Enhalten verschiedene Polysaccharide, Klassifikation durch dominierende Zuckergruppen im Grundskelett (z.B. Xylan, Galactan, Mannan u. in den Seitenketten (z.B. Arabinose und Galaktose)

Pectine

- löslicher Ballaststoff der Früchte
- chemisch heterogenes Gemisch, Hauptbestandteil: Galacturonsäure + weitere Monomere
- gelbildende Eigenschaft in Gegenwart von Wasser ⇨ Einsatz in der LM-Verarbeitung

Kompononeten der Ballaststoffgruppe (3)

Pflanzengummi

- meist sehr geringe Mengen in den Nahrungsmitteln
- komplexe Strutkur (stark verzweigt)
- enthalten v.a. Hexosen, Desoxyhexosen, Hexuronsäuren, Pentosen u. verschiedene Derivate
- Beispiele: Gummi arabicum, Akaziengummi

Pflanzenschleime

- Keine strenge Abgrenzung zu Hemicellulosen u. Pflanzengummi
- Bestehen aus verschiedenen Monomeren (Gal, Frc, Glc, Arabinose, z.T. auch Uronsäuren, Rhamnose)
- Reserve-KH u. Wasserreservoir der Pflanze
- Beispiele: Agar-Agar (Rotalgen), Carrageenschleime (Rotalgen), Schleimstoffe (in Hafer, Gerste, Lein u.a.)

Komponenten der Ballaststoffgruppe (4)

Resistente Stärke (RS)

RS1: Särke, die für die Verdauungsenzyme unangreifbar ist

RS2: Amylosereiche native Stärke, die nicht abgebaut werden kann (durch Aufbau der Stärkekörner u. Anordnung der Seitenketten); Vorkommen u.a. in rohen Kartoffeln u. Mais (durch Erhitzen platzen die Körner, die Stärke geliert und kann verwertet werden)

RS3: Sogenannte retrograde Stärke, die beim Abkühlen nach dem Erhitzen durch Kristallisation beispielsweise in Brot und gekochten Kartoffeln entsteht

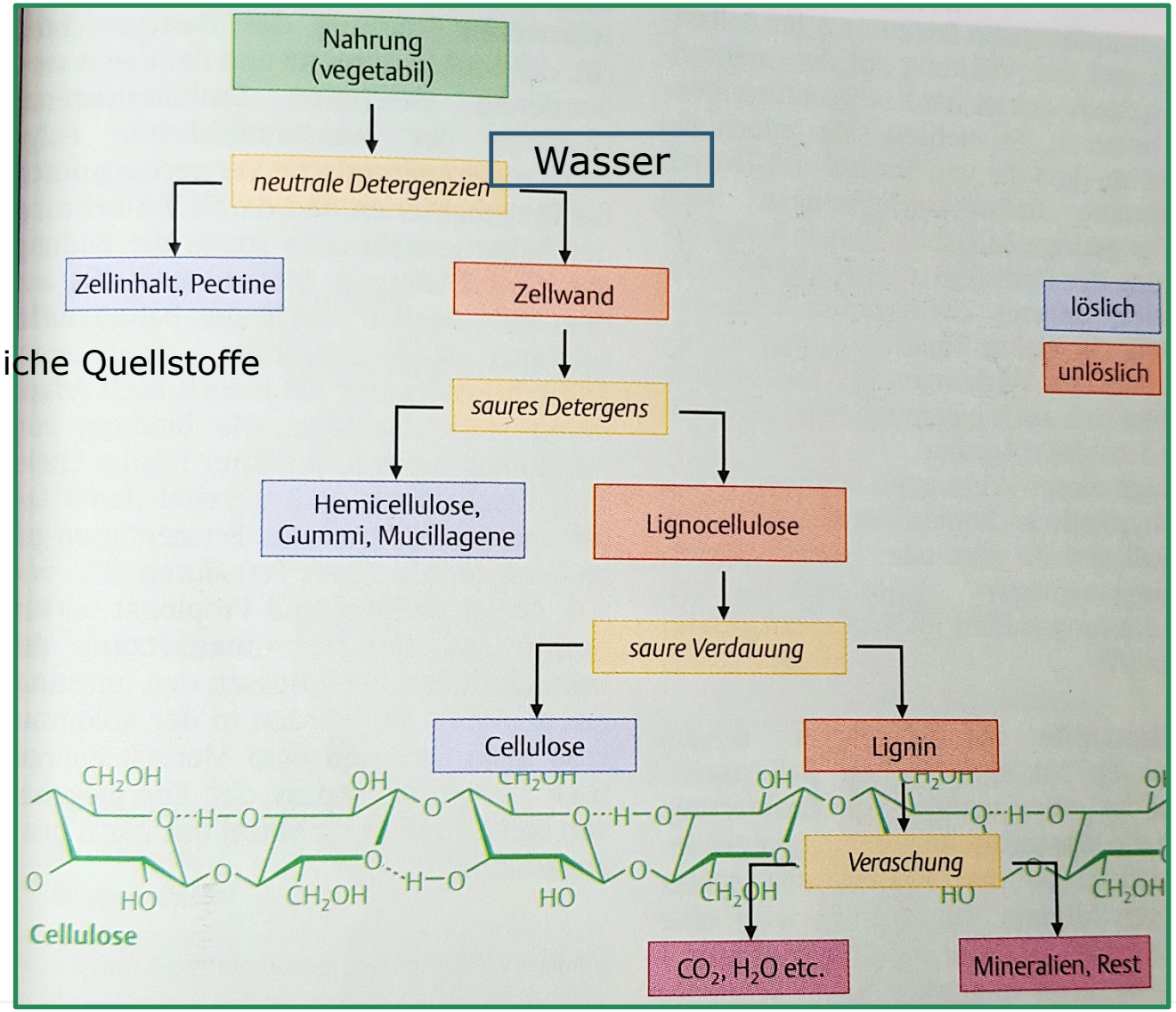
RS4: chemisch modifizierte Stärke (synthetisch)

Ballaststoffe

wasserlösliche BS
- Pektine
- Pflanzengummis
- Schleimstoffe (v.a. in Obst, Gemüse, Kartoffeln, Haferflocken)

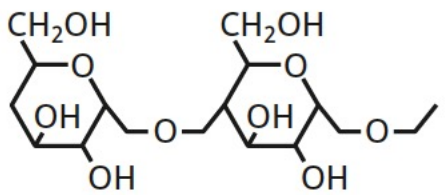
Natürliche Quellstoffe

wasserunlösliche BS
- Lignin
- Cellulose (Zellwandbestandteil, v.a. in äußerer Schicht der Getreidekörner, Gemüse u. Obst)

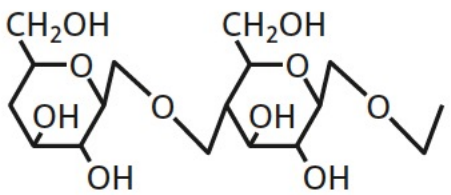


Biesalski · Grimm · Nowitzki-Grimm, Taschenatlas der Ernährung, 6. Auflage, 2015, Georg Thieme Verlag Stuttgart

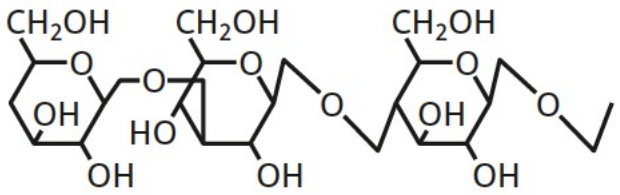
Struktur der Stärkekomponente Amylose im Vergleich zu anderen Ballaststoffen



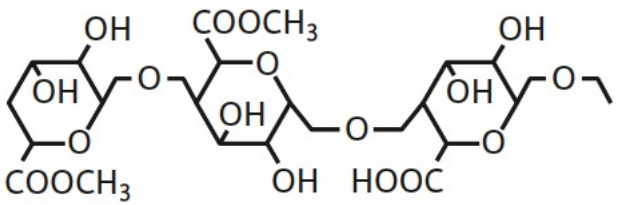
Amylose: (1,4)-α-D-Glucan



Zellulose: (1,4)-β-D-Glucan



gemischt verknüpftes β-Glucan: (1,3)(1,4)-β-D-Glucan



Pektin: (1,4)-α-Galacturonsäure, teilweise verestert

Elmadfa & Leitzmann, Ernährung des Menschen, 6. Aufl., 2019, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

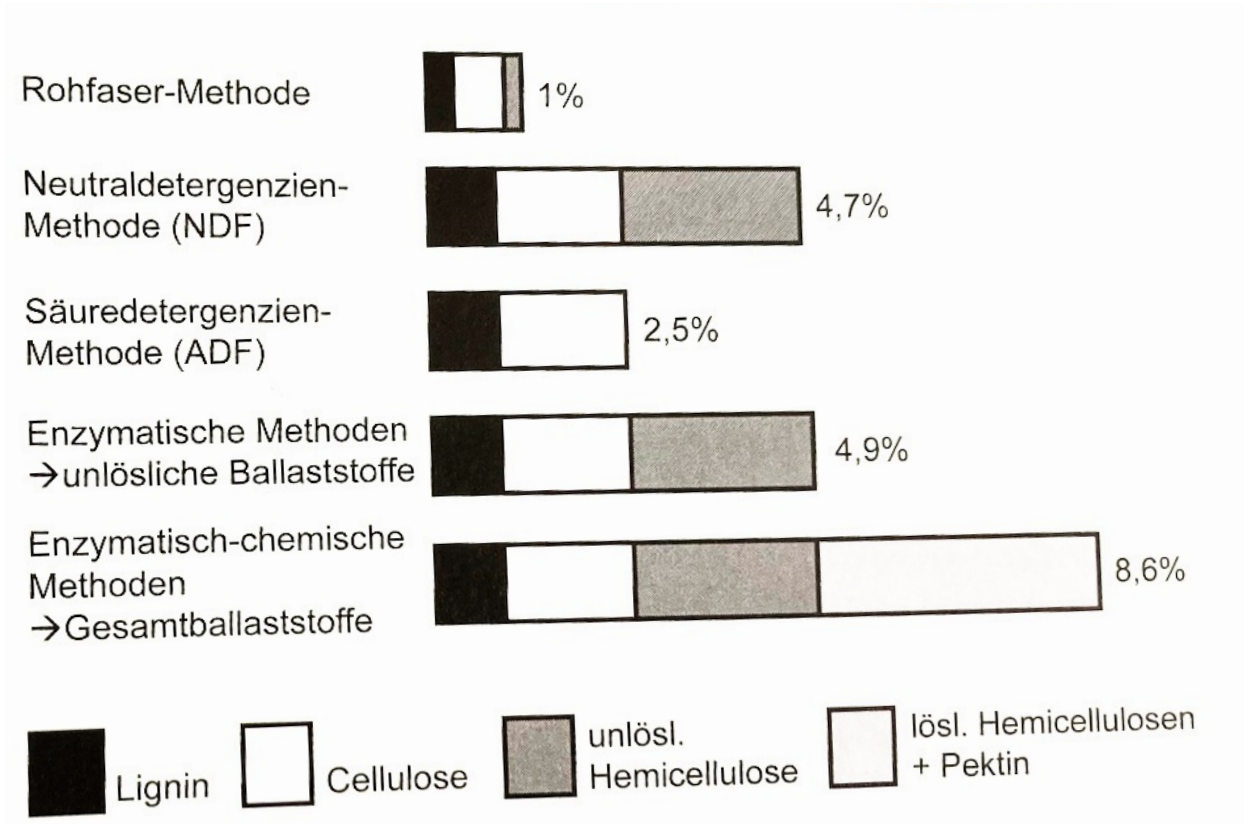
Analysemethoden der Ballaststoffe

Methode	analysierte Fraktion	
gravimetrisch-enzymatisch Rohfaser (crude fiber) Weender-Analyse	Rest nach saurer und alkalischer Extraktion; Lignin, variable Mengen Zellulose und Hemizellulose	20-50% BS-Gehalt
NDF (neutral detergent fiber)	Zellulose, unlösliche Polysaccharide und Lignin, lösliche Ballaststoffe gehen verloren	Unterschätzen TDF-Gehalt
ADF (acid detergent fiber)	primär Zellulose und Lignin; NDF – ADF ergibt eine grobe Schätzung des Hemizellulosegehalts	
TDF (total dietary fiber; AOAC-Methode)	Nichtstärke-Polysaccharide plus Lignin, resistente Stärke, Maillard-Produkte, durch Modifizierung: lösliche und unlösliche Ballaststoffe	enzymatisch
Komponenten-Analyse Englyst	Nichtstärke-Polysaccharide; durch Modifizierung: Trennung in Zellulose und Nicht-Zellulose-Polysaccharide	Hydrolyse aller BS mit starker Säure; anschl. Quantifizierung der Monosaccharide
Theander und Aman	Hemizellulose, Pektin, Zellulose, Lignin und TDF	

van Sost

Elmadfa & Leitzmann, Ernährung des Menschen, 6. Aufl., 2019, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Ballaststoff-Gehalt eines Roggenvollkornbrotes
(mit verschiedenen analytischen Methoden ermittelt)



Schek A, Ernährungslehre kompakt, 6. Auflage, 2017, Umschau Zeitschriftenverlag Wiesbaden

Eigenschaften der Ballaststoffe (1)

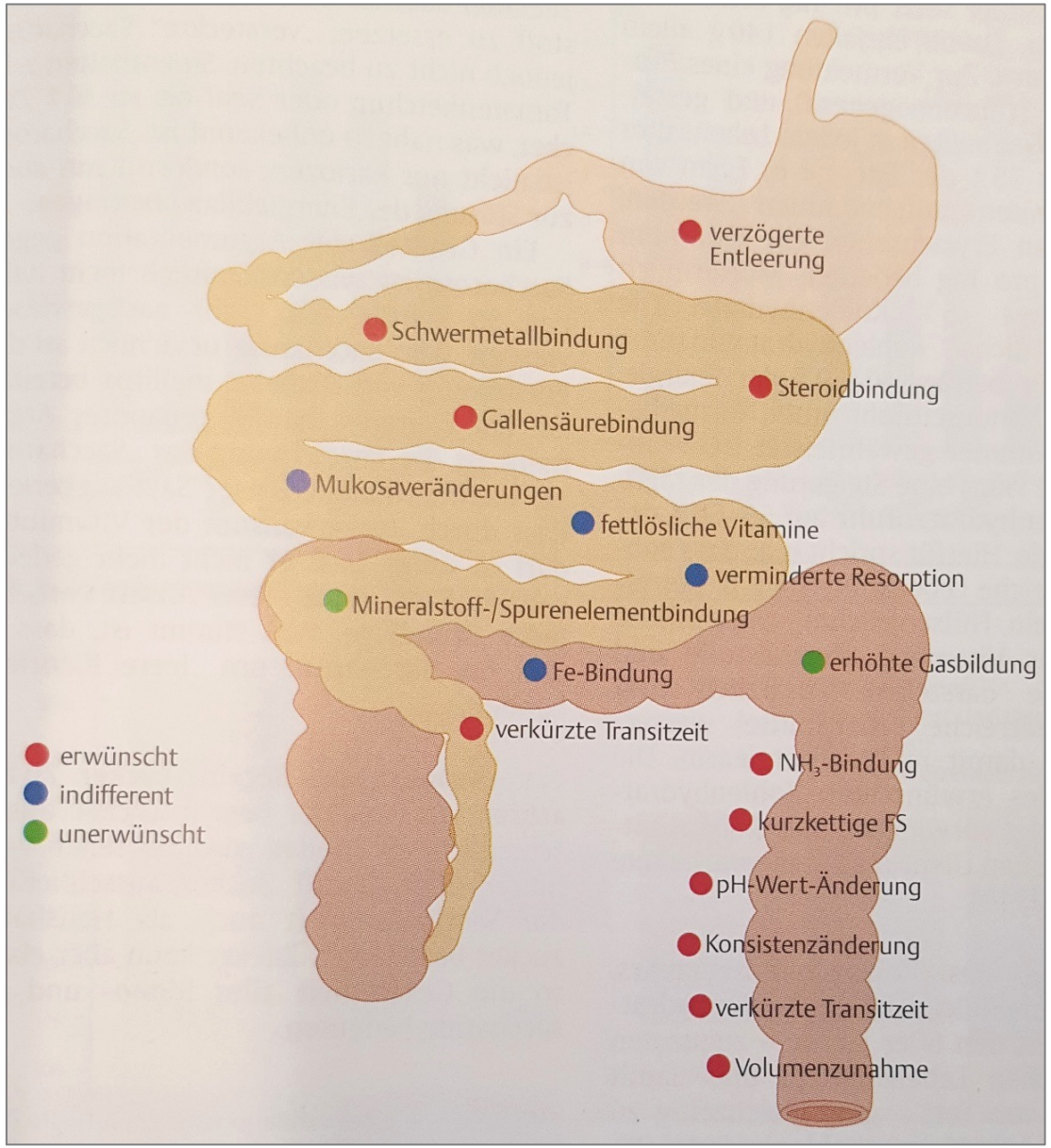
- **Wasserbindungskapazität** (lösliche BS > unlösliche BS)
  - Veränderung der Wasserbindungskapazität durch Veränderung des physikalischen Zustandes
  - Modifizierung der Zellulosestruktur (Carboxymethylzellulose): Wasserbindungskapazität ↑ (10x)
  - Quelleigenschaft der BS bedingen Vergrößerung des Volumens u. des Speisebreis

- **Viskosität**
  - Bildung hochviskoser Lösungen (Pektine, β-Glucane, Gummis, Algenpolysaccharide (Agar, Carageen))

Eigenschaften der Ballaststoffe (2)

- **Fermentierbarkeit** (duch Darmflora)
  - Abbau durch Ballaststofftyp, physikalische Form oder Verbindung beeinflusst
  - Isolierte BS werden schneller fermentiert, BS mit großen Partikeln weniger vollständig und unlösliche BS (v.a. Cellulose) fast nicht bakteriell fermentiert
  - Auch lösliche BS (z.B. Xyanthan, Methylcellulose) nur unvollständig oder überhaupt nicht fermentierbar
  - Unabhängig von BS-Quelle entstehen durch Darmbakterien kurzkettige FS (Acetat, Propionat, Butyrat) + Wasserstoff- und Methangase
- **Adsorptionsvermögen** für organische Stoffe/Bindung von Gallensäuren
- **Kationen-Austauschfunktion**

Physiologische Wirkungen der Ballaststoffe



Biesalski · Grimm · Nowitzki-Grimm, Taschenatlas der Ernährung, 6. Auflage, 2015, Georg Thieme Verlag Stuttgart

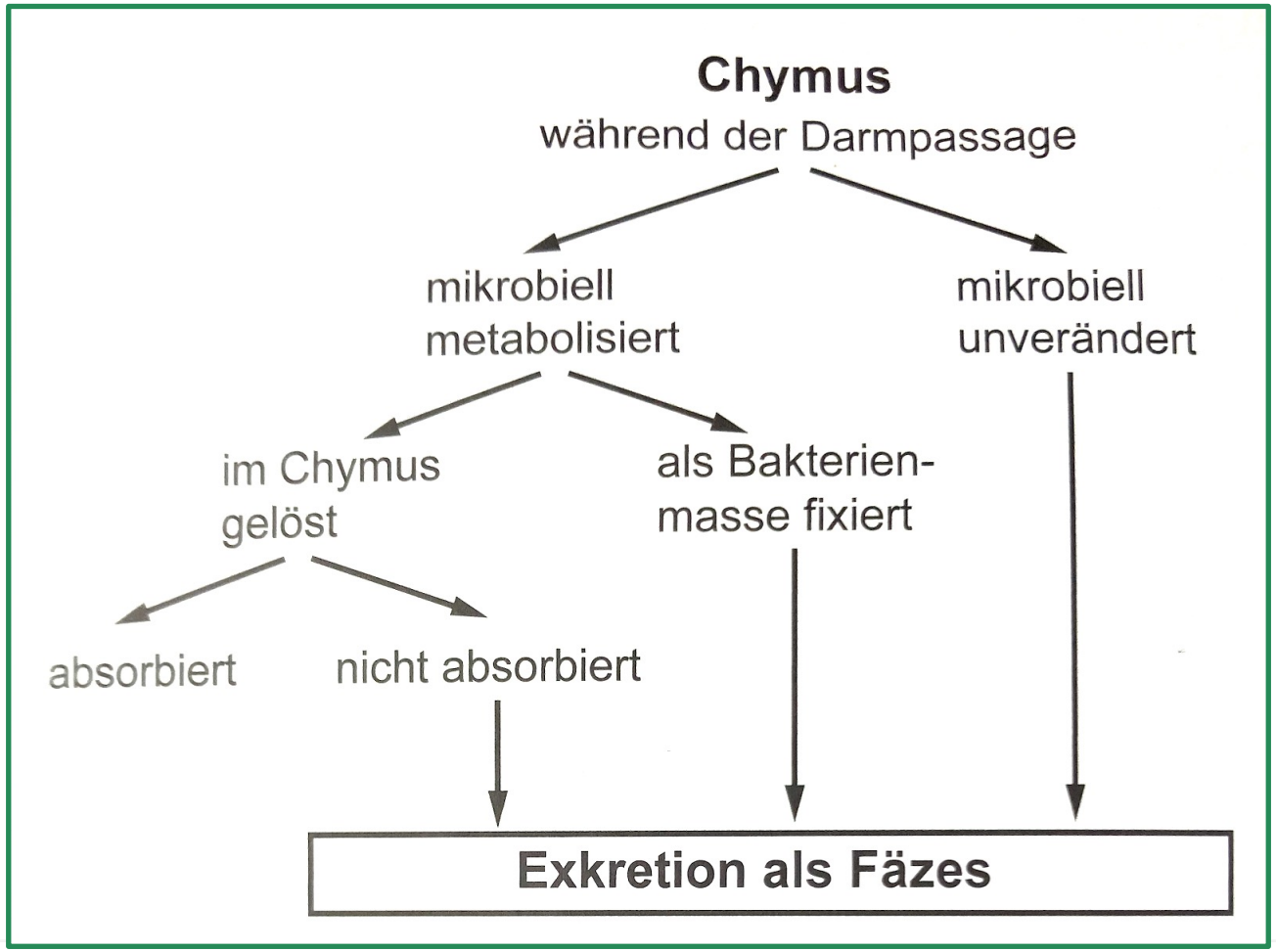
Physiologische Wirkungen u. Funktionen der Ballaststoffe

- **Sättigungswirkung**
- **Wirkung auf den Gastrointestinaltrakt**
  - Dickdarmmotilität ↑ durch Volumen-Erhöhung =>Transitzeit des Chymus↓
  - Bindung u. Ausschleusung von Xenobiotika, Schwermetallen u. biogenen Aminen im Stuhl => Krebsrisiko ↓
- **Cholesterinsenkende Wirkung** (lösliche BS binden im Dünndarm Triglyceride und Cholesterin u. verhindern so deren Absorption)
- **Modifikation der Glucose- und Insulinantwort**
- **Proliferation erwünschter Darmkeime wie Milchsäure- und Bifidobakterien** (Probiotika):
  - verdrängen N-verwertende Bakterien (Ammoniak-Produktion↓)
  - Produktion kurzkettiger Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat) ↑

unerwünschte physiologische Wirkungen der Ballaststoffe

- **Bindung mehrwertiger Kationen** (Ca, Mg, Fe, Zn) in Magen und Dünndarm (Absorptionsrate ↓)
- **Direkte Epithelschädigung**
- **Negative Wasserbilanz** (bei fehlender Flüssigkeitszufuhr)
- **Flatulenz** infolge mikrobieller Gasbildung (CO2, CH_4, H_2, NH_3 u.a.)
- **Volvulus** (Darmverschlingung) infolge übermäßiger Dickdarmfüllung

Verstoffwechselung der Ballaststoffe

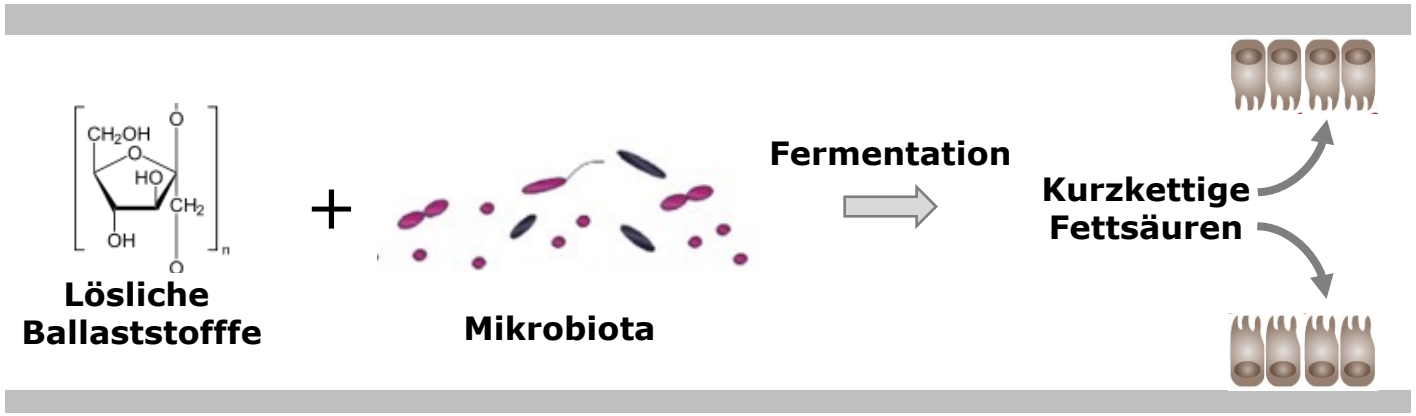


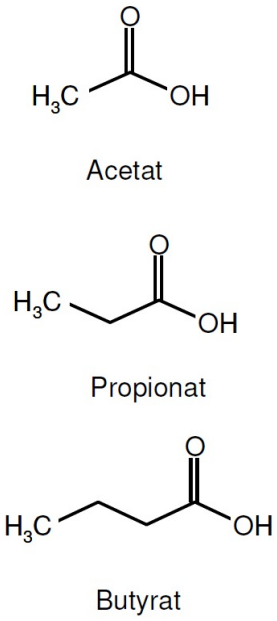
Schek A, Ernährungslehre kompakt, 6. Auflage, 2017, Umschau Zeitschriftenverlag Wiesbaden

Größenordnung des mikrobiellen Abbaus unverdauter Nahrungsbestandteile im Colon

Größenordnung des mikrobiellen Abbaus [%]	
Pektine	> 90
Hemicellulosen	60
Cellulose	30-50
Lignin	0

Wirkungen der kurzkettigen Fettsäuren im Colon

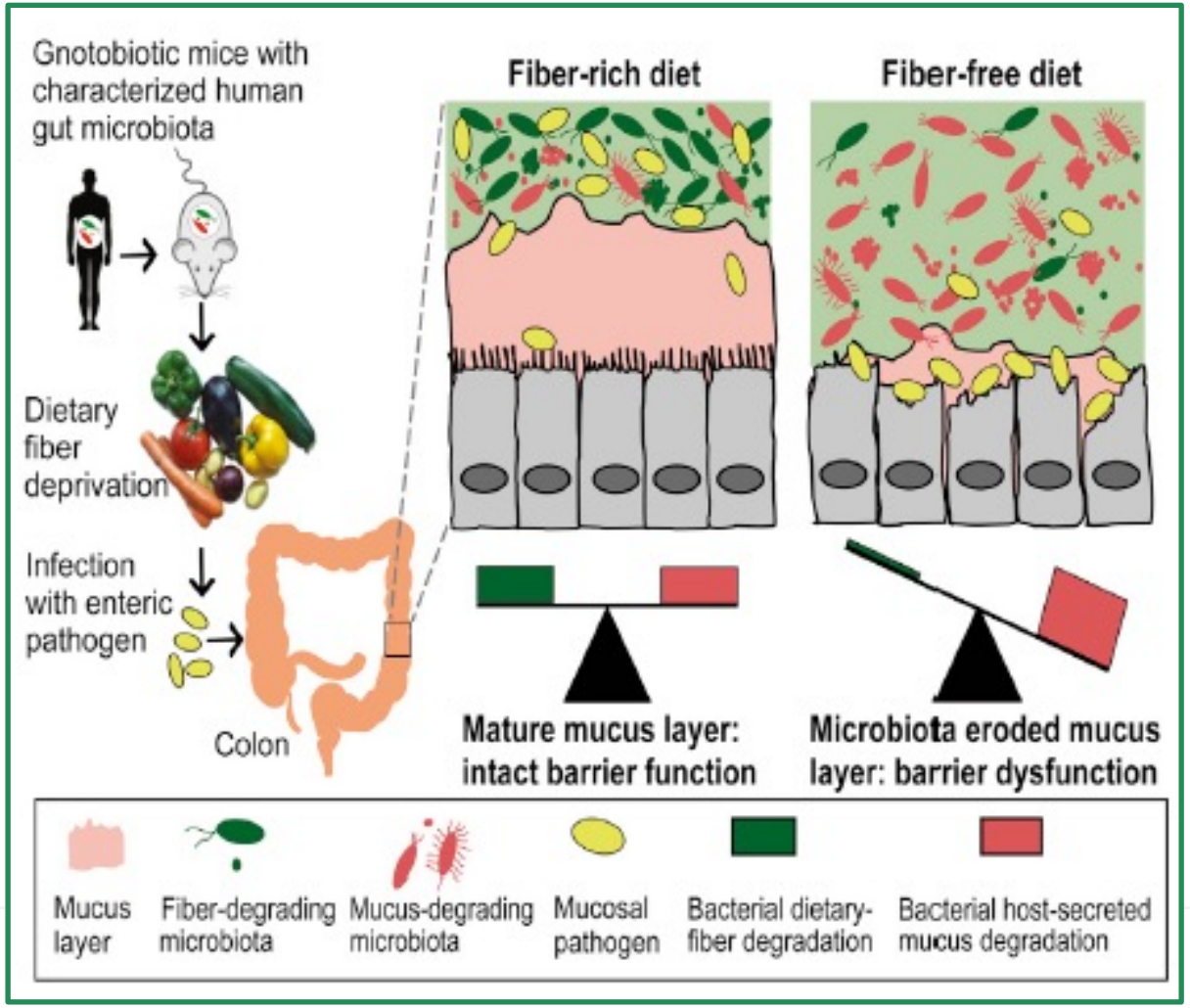




Ballaststoff-Hypothese nach *Burkitt*

- In den 1960er Jahren von Denis P. Burkitt zusammen mit Hugh C. Trowell formuliert:
  - Sie besagt, dass ein Zusammenhang besteht, zwischen der täglichen über die Nahrung zugeführten Menge an Ballaststoffen und der Entstehung bzw. Verhinderung des Auftretens von Zivilisationskrankheiten
  - Beispiele für Industrieländer typische Krankheitsbilder, die auf einen Ballaststoffmangel zurückgeführt werden können
    - Dünn-/Blind-/Dickdarm-Entzündung u. Dickdarmdivertikulose (als Folge der Obstipation)
    - Hämorrhoiden, Krampfadern und Hernien (als Folge des erhöhten Bauchinnendrucks bei der Defäkation fester Stühle)
    - Adipositas, Hypertonie, Atherosklerose, Koronarerkrankungen, Gallen-/Nierensteine, Fettstoffwechselstörungen, Diabetes mellitus u. Gicht (als Folge erhöhter Energiezufuhr)

Ballaststoffmangel induziert Abbau des Mucus in Mäusen



Desai MS et al., Cell, 2016

Empfohlene Ballaststoffzufuhr

Richtwert für die Ballaststoffzufuhr (Erhaltung einer normalen Darmfunktion)

mindestens 30g/Tag

(bzw. eine Dichte von 3,8 g/MJ (16 g/1000 kcal) für Frauen; 3,0 g/MJ (12,5g/1000kcal) für Männer)

Ballaststoffgehalte [g/100g essbarer Anteil]	
Roggen, Vollkorn	13,2
Weizenmehl Type 405	4,0
Reis, poliert, gek.	0,2
Bohnen, weiß	17,0
Als Konserve	6,8
Erbsen, reif	16,6
Als Konserve	3,8
Linsen	10,6
Als Konserve	3,5

Ballaststoffgehalte [g/100g essbarer Anteil]	
Schwarzwurzeln	18,4
Karotten, jung	3,6
Kartoffeln, gek. geschält	1,1
Feigen, getr.	12,0
Äpfel mit Schale	2,0
Pflaumen, frisch	1,6

Steigerung der BS-Zufuhr durch Austausch von LM

Lebensmittel	BS-Gehalt [g/100g]	Alternatives Lebensmittel	BS-Gehalt [g/100g]
Weizentoastbrot	2,9	Roggentoastbrot	6,1
Weizenmischbrot	3,8	Roggenvollkornbrot	7,8
Nudeln, gegart	2,3	Vollkornnudeln, gegart	5,2
Gurke	0,9	Fenchel, Broccoli	3,1
Tomate	1,0	Möhren, Mais, Paprika	3,6
Spargel	1,5	Rosen-/Grünkohl	4,3
Orange, Aprikose	1,5	Birne, Dattel	3,2
Banane	1,8	Heidel-/Himbeeren	4,8
Milchschokolade	1,4	Bitterschokolade	7,6
Salzstangen	0,7	Studentenfutter	8,8

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr. Anika Wagner
@anikaewagner