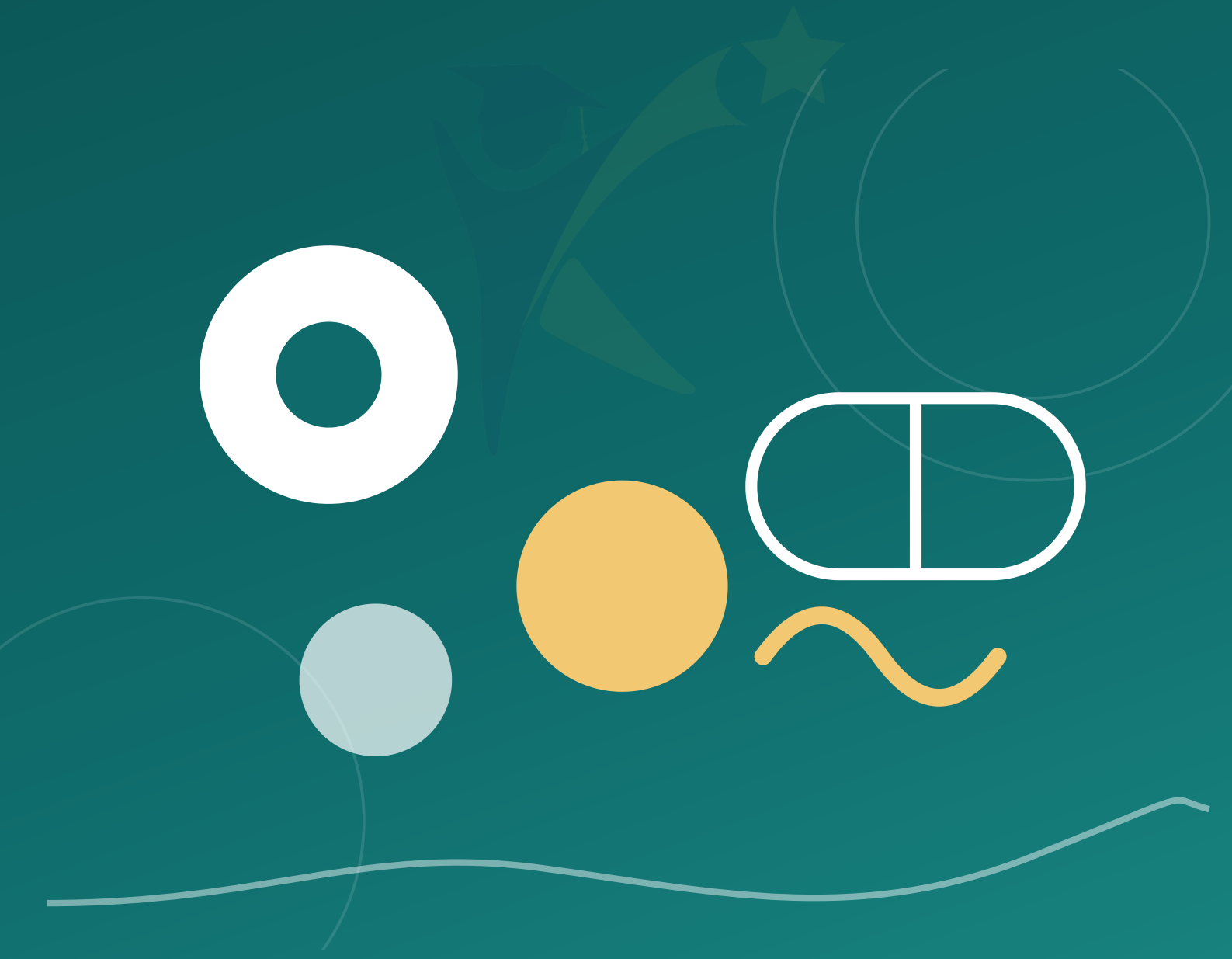
Kapitel 1 Grundlagen der Ernährung

Verdauung, Nährstoffe, Mikrobiota und Enzyme: das Fundament jeder fundierten Ernährungsberatung.



NutriCampus
Kursmaterial für Ernährungsberaterinnen und Ernährungsberater

Fassung 1.0 · Oktober 2026
Quellenstand: PubMed / Consensus

Worum es in diesem Kapitel geht

Stell dir vor, du beißt in einen Apfel. In den nächsten Stunden arbeiten Zellen, Bakterien, Enzyme und Hormone zusammen, um aus diesem Bissen Energie, Baustoffe und Signale zu gewinnen. Das ist Ernährung: Biochemie in Echtzeit, und als Ernährungsberaterin oder Ernährungsberater erklärst du diese Vorgänge anderen Menschen.

Dieses Kapitel legt das Fundament: Verdauung, Makro- und Mikronährstoffe, Darmmikrobiom, Enzyme und die häufigsten Ernährungsmythen. Alle Aussagen sind anhand aktueller Studien geprüft. Besonders kritisch geprüft sind Zahlen, die sich in der Forschung geändert haben, zum Beispiel die Größe der Darmoberfläche und die Zahl der Darmbakterien. Was Fachwissen aus Lehrbüchern ist und was aus Studien stammt, steht jeweils im Text.

Lernziele

- Du beschreibst den Weg der Nahrung und die Aufgaben der sieben Stationen des Verdauungstrakts.
- Du erklärst Makro- und Mikronährstoffe als Energieträger, Baustoffe und Signalgeber.
- Du ordnest Zöliakie, Laktoseintoleranz und die Rolle von Enzymen richtig ein.
- Du erklärst, was das Darmmikrobiom leistet und was darüber belegt ist.
- Du unterscheidest Probiotika, Präbiotika, Synbiotika und Postbiotika und kennst die Evidenz.
- Du beurteilst verbreitete Ernährungsmythen anhand der Studienlage.
- Du leitest daraus Hinweise für Mahlzeitentiming und mikrobiomfreundliche Ernährung ab.

Aufbau des Kapitels

Abschn.	Inhalt	Seite
1	1.1 Das Verdauungssystem	3
2	1.2 Nährstoffe	7
3	1.3 Das Darmmikrobiom	10
4	1.4 Enzyme	14
5	1.5 Mythen und Missverständnisse	16
6	1.6 und 1.7 Praxis, Zusammenfassung, Quellen	18

SO LIEST DU DIE EVIDENZ-MARKEN

Leitlinie Positionspapier einer Fachgesellschaft Review zusammenfassende Arbeit Studie kontrollierte Studie oder Kohorte Klein kleine Stichprobe, vorsichtig lesen

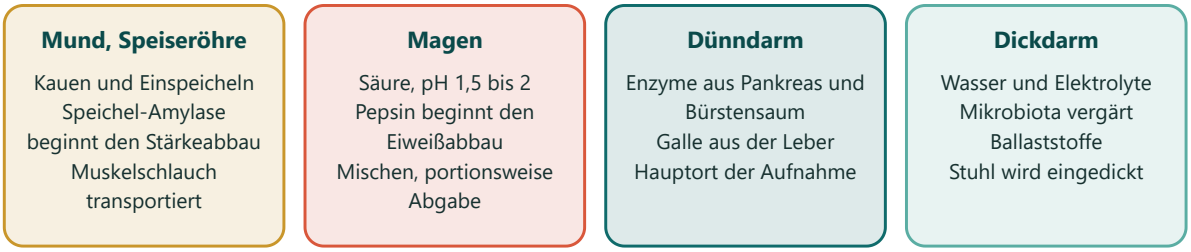
EINORDNUNG

Du lernst hier das Grundwissen für die Beratung gesunder Menschen. Erkrankungen wie Zöliakie, Pankreatitis oder Reizdarm gehören in ärztliche Diagnostik und Behandlung. Dein Beitrag ist die Ernährungsberatung im Team. Einzelne Studien sind keine Empfehlung für den Einzelfall.

1 1.1 Das Verdauungssystem

Der Verdauungstrakt zerlegt Nahrung in Bausteine, die der Körper aufnehmen kann, wehrt Keime ab und beherbergt ein Ökosystem aus Bakterien. Jede Station hat eine eigene Aufgabe, ein eigenes Milieu und eigene Enzyme.

Der Weg der Nahrung: vier Hauptstationen



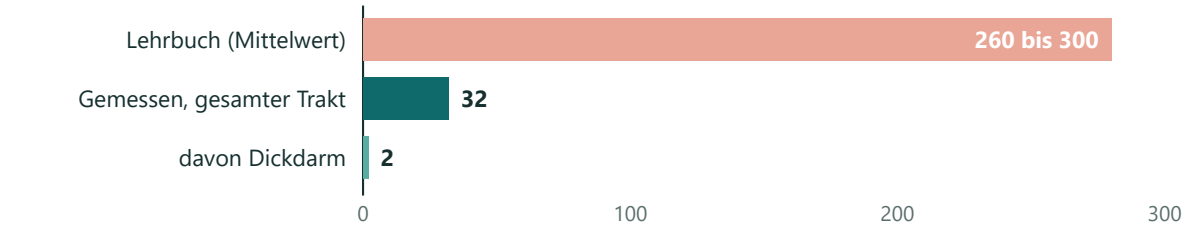
Schema (Fachwissen aus Lehrbüchern, Maßangaben vereinfacht)

Abb. 1: Vom Mund bis zum Dickdarm ändern sich Milieu und Aufgabe von Station zu Station.

Zwei Zahlen, die sich geändert haben

Studie Lehrbücher nennen eine Darmoberfläche von 260 bis 300 m², etwa ein Tennisplatz. Eine Neuvermessung an Biopsien gesunder Erwachsener kam auf durchschnittlich etwa 32 m² für den gesamten Verdauungstrakt, davon etwa 2 m² im Dickdarm: eher ein halbes Badmintonfeld. Die Länge vom Mund bis zum After beträgt am Lebenden etwa 5 Meter, zwei Drittel davon entfallen auf den Dünndarm. Die oft genannten 8 bis 9 Meter stammen aus Messungen nach dem Tod, wenn die Muskulatur erschlafft ist.[1]

Darmoberfläche: Lehrbuchangabe und Messung (m²)



Quelle: [1]

Abb. 2: Die Aufnahmefläche ist viel kleiner als lange angenommen, aber durch Falten, Zotten und Mikrovilli 60- bis 120-fach vergrößert.[1]

Die sieben Stationen im Überblick

Station	Länge, Volumen	Milieu	Hauptfunktion
Mundhöhle	1 bis 1,5 l Speichel pro Tag	pH etwa 6,5 bis 7	Zerkleinern, Amylase, Geschmack
Speiseröhre	etwa 25 cm	pH etwa 5 bis 6	Transport durch Peristaltik, unterer Schließmuskel gegen Reflux
Magen	Fassungsvermögen etwa 1 bis 1,5 l	pH 1,5 bis 2	Eiweiß denaturieren, Keime verringern, Chymus bilden, Intrinsic Factor für B12
Zwölffingerdarm	25 bis 30 cm	neutral bis leicht basisch	Säure neutralisieren, Galle und Pankreassaft einleiten
Dünndarm	Hauptteil von etwa 5 m Gesamtlänge	pH 7 bis 8	Verdauung aller Makronährstoffe, Aufnahme (Resorption)
Dickdarm	etwa 1,5 m	pH etwa 5,5 bis 7	Wasserrückgewinnung, Fermentation, Stuhlformung
Leber und Pankreas	Drüsen		Galle für die Fettverdauung, 1,5 bis 3 l Pankreassaft mit über 20 Enzymen, Insulin und Glukagon

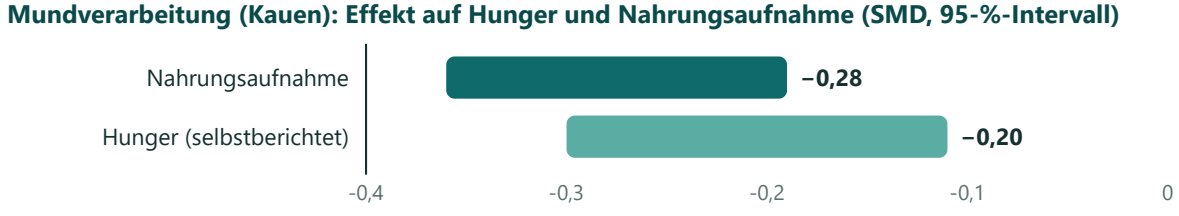
Die Tabelle ist Lehrbuch-Fachwissen. Einzelne Zahlen schwanken je nach Quelle und Messmethode.[1]

Verdauung beginnt vor dem ersten Bissen

Schon der Anblick, der Geruch oder der Gedanke an Essen löst über den Vagusnerv die kephale Phase aus: Speichel, Magensaft und Gallenblase werden vorbereitet (Fachwissen). Im Mund startet die Speichel-Amylase den Abbau von Stärke zu Maltose und Dextrinen. Kauen vergrößert dafür die Oberfläche der Nahrung.

Kauen und Essgeschwindigkeit

Review Eine Meta-Analyse von 40 Studien fand, dass Eigenschaften der Mundverarbeitung wie Kauzahl, Essgeschwindigkeit und Textur die Nahrungsaufnahme (Effektstärke −0,28) und etwas schwächer das Hungergefühl (−0,20) senken. Ein älteres Review kam zu ähnlichen Aussagen, mit hoher Heterogenität und Hinweisen auf Publikationsverzerrung.[2][3] Langsamer zu essen ging in 22 Experimenten mit weniger Energieaufnahme einher (SMD 0,45), das Hungergefühl am Ende der Mahlzeit änderte sich nicht.[4]



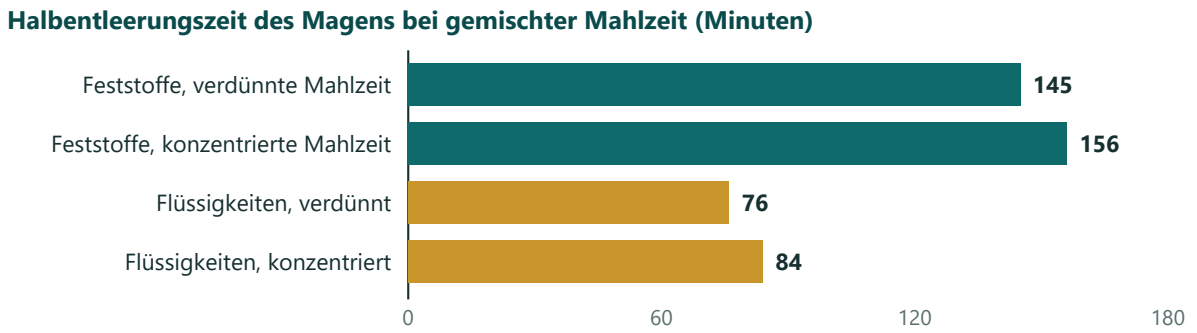
Meta-Analyse, 38 Arbeiten. Quelle: [2]

Abb. 3: Mehr Kauen und langsameres Essen verringern die Aufnahme etwas, die Effekte sind klein.[2]

Der Magen: Mischer mit Säure

Im Magen denaturiert die Säure Eiweiße, verringert Keime und aktiviert Pepsin, das den Eiweißabbau beginnt. Die Nahrung wird portionsweise an den Dünndarm abgegeben. Wie lange das dauert, hängt von Menge, Energiegehalt und Zusammensetzung ab.

Studie In einer Studie mit neun Freiwilligen verließ die Hälfte einer gemischten Mahlzeit (80 % feste Bestandteile) den Magen nach 145 bis 156 Minuten (Feststoffe) und nach 76 bis 84 Minuten (Flüssigkeiten). Die Sättigung hing mit der Magenentleerung der Feststoffe zusammen (r = 0,60 bis 0,67). Die Entleerung folgt dem Energiegehalt, nicht nur dem Volumen: Je energiedichter die Mahlzeit, desto weniger Volumen wird pro Zeit abgegeben.[5][6]



n = 9, beide Mahlzeiten je 2500 kJ. Quelle: [5]

Abb. 4: Flüssigkeiten verlassen den Magen etwa doppelt so schnell wie Feststoffe.[5]

Die Angabe „bis zu 6 Stunden bei fettreichen Mahlzeiten“ bezieht sich auf die vollständige Entleerung großer, energiereicher Mahlzeiten (Fachwissen). Als Halbwertszeit sind es etwa 2,5 Stunden.[5]

Geschmack und Alter

Der Mensch unterscheidet fünf Grundgeschmäcker: süß, salzig, sauer, bitter, umami. Ein sechster („fett“) wird diskutiert (Fachwissen). Bitterrezeptoren finden sich auch außerhalb der Zunge, zum Beispiel im Darm (Fachwissen).

Review Eine Meta-Analyse von 18 Studien fand bei Menschen ab 60 Jahren höhere Wahrnehmungsschwellen für süß, salzig und umami, nicht für sauer und bitter. In einer Studie mit 1.020 Personen nahm die Intensität aller fünf Geschmacksrichtungen mit dem Alter ab. Die oft genannte Zahl „50 % weniger Geschmacksknospen“ ist aus den geprüften Abstracts nicht belegt.[7][8]

FOLGERUNG FÜR DIE BERATUNG

Bei älteren Klientinnen und Klienten fehlen oft Würze und Aroma. Setze auf Kräuter, Gewürze, Säure und Textur statt auf mehr Salz. Das ist Praxisableitung aus den Schwellenwerten.[7]

Dünndarm: Hauptort der Aufnahme

Im Dünndarm verdauen Enzyme aus Pankreas und Bürstensaum Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette in kleinste Bausteine. Plicae, Zotten und Mikrovilli vergrößern die Fläche. Die Bausteine gelangen über die Saumzellen in Blut und Lymphe. Auch den größten Teil des Wassers nimmt der Dünndarm auf (Fachwissen).

Zöliakie: wenn das Immunsystem die Aufnahme stört

Bei genetisch veranlagten Menschen (HLA-DQ2 oder DQ8) wird Gluten durch das Enzym Transglutaminase verändert und löst eine Immunreaktion aus. Die Zotten bilden sich zurück (Fachwissen). Review Ein Review beschreibt: Etwa 1 % der Menschen sind betroffen, bis zu 95 % davon unerkannt. Klassische Beschwerden wie Durchfall treten nur bei einer Minderheit auf, häufiger sind Eisenmangelanämie, Gedeihstörung, Verstopfung, Bauchschmerzen oder erhöhte Leberwerte. Die einzige wirksame Behandlung ist eine lebenslange glutenfreie Kost.[9]

Studie In einer doppelblinden Studie mit 49 behandelten Erwachsenen führten 50 mg Gluten am Tag über 90 Tage zu einer Abnahme der Zottenhöhe (−20 %), 10 mg nicht eindeutig. Ein Review fand keine einheitliche Schwelle: Manche vertrugen im Mittel 34 bis 36 mg am Tag, andere entwickelten bei etwa 10 mg Schleimhautveränderungen. Unter 10 mg am Tag sind relevante Schäden unwahrscheinlich.[10][11]

> **NICHT EIGENMÄCHTIG UMSTELLEN**
> Vor der Diagnose gehört Gluten in die Kost, sonst können Blut- und Gewebebefunde verfälscht werden. Verdacht gehört in die ärztliche Abklärung. Die oft genannte Zahl „20 mg Gluten reichen“ stimmt in dieser Form nicht, die Schwelle liegt individuell zwischen etwa 10 und 50 mg am Tag.[10][11]

Laktoseintoleranz

Fehlt im Bürstensaum das Enzym Laktase, gelangt Milchzucker unverdaut in den Dickdarm und wird von Bakterien vergoren: Gase, Blähungen, Bauchschmerzen, Durchfall (Fachwissen). Review Etwa 70 % der Weltbevölkerung verlieren nach dem Abstillen Laktaseaktivität. Die Behandlung besteht darin, die Menge zu verringern, nicht Milchprodukte vollständig zu streichen.[12]

Dickdarm und kurzkettige Fettsäuren

Im Dickdarm wird Wasser zurückgewonnen und der Stuhl eingedickt. Darmbakterien vergären Ballaststoffe zu kurzkettigen Fettsäuren (Acetat, Propionat, Butyrat). Butyrat ist die wichtigste Energiequelle der Dickdarmzellen (Fachwissen). Review Ein Review beschreibt für diese Fettsäuren Wirkungen auf Magen-Darm-Funktion, Stoffwechsel und Herz-Kreislauf-System. Vieles stammt aus Zell- und Tierversuchen.[13]

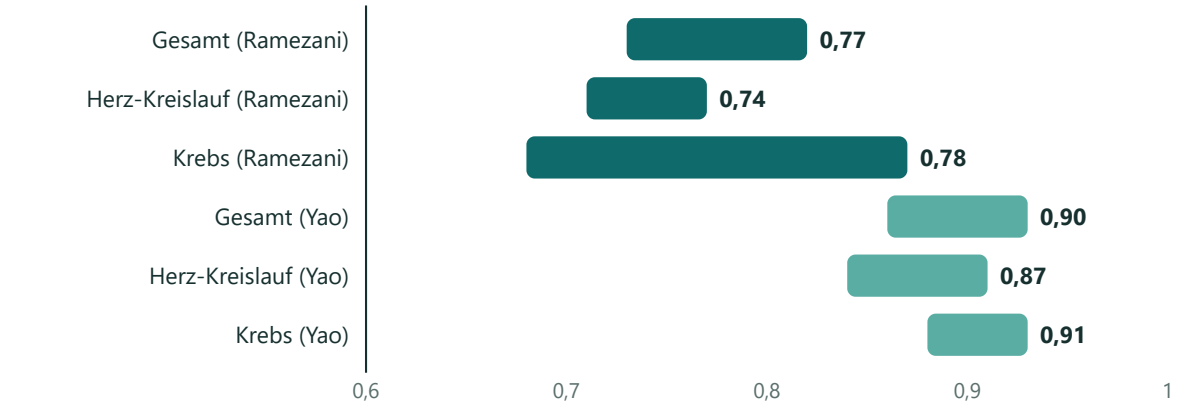
2 1.2 Nährstoffe

Nährstoffe sind mehr als Kalorien. Makronährstoffe liefern Energie und Baustoffe, Mikronährstoffe wirken als Cofaktoren, Antioxidantien und Signalgeber.

Kohlenhydrate

Kohlenhydrate liefern 4,1 kcal/g. Als Orientierung gelten mehr als 50 % der Energie (Fachwissen, D-A-CH). Entscheidend ist die Qualität: Einfachzucker und Stärke werden rasch aufgenommen, resistente Stärke und Ballaststoffe erreichen den Dickdarm und ernähren die Mikrobiota. Der glykämische Index (GI) erfasst nur die Wirkung von 50 g Kohlenhydraten. Die glykämische Last (GL = GI × Kohlenhydrate je Portion ÷ 100) berücksichtigt die Menge.

Review Eine Reihe von Meta-Analysen fand für Ballaststoffe und Vollkorn deutlich bessere Belege als für GI und GL: Beim Vergleich der höchsten mit der niedrigsten Zufuhr lagen Gesamtsterblichkeit, Herz-Kreislauf-Sterblichkeit, Schlaganfälle, Typ-2-Diabetes und Darmkrebs 15 bis 30 % niedriger. Der Nutzen war bei 25 bis 29 g Ballaststoffen am Tag am größten. Die Sicherheit der Evidenz war für Ballaststoffe moderat, für den GI sehr niedrig.[14]



Zwei Meta-Analysen prospektiver Kohortenstudien. Quellen: [15], [16]

Abb. 5: Mehr Ballaststoffe gehen mit niedrigerer Sterblichkeit einher. Es sind Kohortenstudien, gestützt durch Interventionsstudien.[15][16][14]

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt mindestens 30 g Ballaststoffe täglich (Fachwissen). Viele erreichen weniger.

Proteine

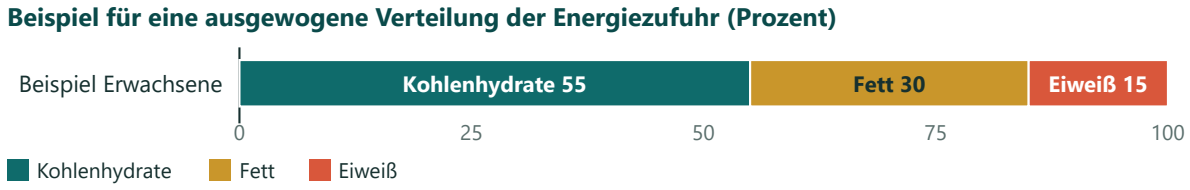
Proteine liefern 4,1 kcal/g und sind vor allem Baustoff für Muskeln, Enzyme, Hormone, Immunsystem und Zellreparatur. Von den 20 Aminosäuren gelten 9 als essenziell: Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin (Fachwissen). Der Richtwert für Erwachsene liegt bei 0,8 g je kg Körpergewicht und Tag (Fachwissen, D-A-CH).

Die **biologische Wertigkeit (BW)** beschreibt, wie viel Nahrungsprotein in körpereigenes Protein umgebaut werden kann. Das Vollei gilt als Referenz mit 100, die Kombination Ei und Kartoffel erreicht mit 136 eine sehr hohe Wertigkeit (Fachwissen). Die FAO empfiehlt für die Bewertung heute den DIAAS statt des früheren PDCAAS. Auch der DIAAS hat Grenzen, vor allem bei pflanzlicher Kost und im Sport.[17]

Fette

Fette liefern 9,3 kcal/g. Als Orientierung gelten etwa 30 % der Energie (Fachwissen, D-A-CH). Sie sind Baustoff für Zellmembranen, Voraussetzung für Hormone und Nervenhüllen und Träger der fettlöslichen Vitamine A, D, E und K. Entscheidend ist die Fettsäurequalität.

Review Zum Omega-6-zu-Omega-3-Verhältnis: Die verbreitete Aussage „15 bis 20 zu 1 ist entzündungsfördernd, ideal sind 2 bis 4 zu 1" ist eine Hypothese. Ein aktuelles Review beschreibt, dass eine mäßige Zufuhr der Omega-6-Fettsäure Linolsäure in Kohortenstudien mit niedrigerem Herz-Kreislauf-Risiko einhergeht, und dass höhere Zufuhr von EPA und DHA aus Fisch mit weniger entzündungsbedingten Erkrankungen verbunden ist. Interventionsstudien mit EPA und DHA zeigen einen Nutzen bei Herz-Kreislauf-Sterblichkeit.[18] Praktisch heißt das: mehr Fisch und pflanzliche Öle wie Raps- und Leinöl, nicht Omega-6 meiden.



Orientierung (Fachwissen, D-A-CH), kein Zielwert für jeden Menschen

Abb. 6: Die Anteile hängen von Alter, Aktivität und Gesundheit ab.

Energie- und Nährstoffempfehlungen sind Bevölkerungsrichtwerte. Für Einzelne mit Erkrankung gelten andere Ziele, die der Arzt festlegt.

Essenzielle Nährstoffe und Nährstoffdichte

Essenzielle Nährstoffe kann der Körper nicht oder nicht ausreichend selbst bilden, sie müssen mit der Nahrung kommen.

Die **Nährstoffdichte** beschreibt den Gehalt eines Nährstoffs im Verhältnis zur Energie: Nährstoffdichte = Nährstoff ÷ kcal. Beispiel mit gerundeten Werten (Fachwissen, Größenordnung): 100 g Haferflocken enthalten etwa 13,5 g Eiweiß und 370 kcal, 100 g Karotten etwa 0,9 g Eiweiß und 35 kcal.



Berechnung: 13,5 ÷ 370 × 100 und 0,9 ÷ 35 × 100 (Fachwissen)

Abb. 7: Ein einzelner Nährstoff sagt wenig. Karotten liefern wenig Eiweiß, aber viel Provitamin A, Haferflocken mehr Eiweiß und Ballaststoffe.

Mikronährstoffe: kleine Dosen, große Wirkung

Vitamine und Mineralstoffe liefern keine Energie, werden aber in Milligramm oder Mikrogramm gebraucht. Sie wirken als Cofaktoren von Enzymen, als Antioxidantien, als Signalmoleküle und als Bausteine.

Mikronährstoff	Wichtige Funktion	Mangelfolgen	Quellen
Vitamin D	Calcium-Haushalt, Immunsystem, Genregulation	Rachitis, Osteomalazie, Knochenschwäche	Sonnenlicht (UVB), fetter Fisch, Eier
Vitamin B12	DNA-Synthese, Nervenhülle, Abbau von Homocystein	Anämie, Nervenschäden, teils bleibend	Tierische Produkte. Vegane Kost: ergänzen
Eisen	Hämoglobin, Sauerstofftransport, Zellatmung	Anämie, Müdigkeit, Konzentrationsprobleme	Fleisch (Häm-Eisen), Hülsenfrüchte mit Vitamin C
Magnesium	Cofaktor von über 300 Enzymen, Muskeln	Krämpfe, Rhythmusstörungen	Nüsse, Samen, Vollkorn, Hülsenfrüchte
Zink	Immunabwehr, Wundheilung, Hormone	Infektanfälligkeit, Wachstumsstörungen	Fleisch, Kürbiskerne, Käse
Folat (B9)	DNA-Methylierung, Zellteilung, Neuralrohr	Neuralrohrdefekte, Anämie	Blattgemüse, Hülsenfrüchte
Vitamin C	Kollagen, Eisenaufnahme, Immunfunktion	Skorbut, schlechte Wundheilung	Paprika, Zitrus, Hagebutte
Vitamin K	Gerinnungsfaktoren, Knochenstoffwechsel	Gerinnungsstörungen	Grünes Gemüse (K1), Natto, Käse (K2)

Die Tabelle ist Lehrbuch-Fachwissen. Supplemente setzt du nicht eigenständig ein.

FOLGERUNG FÜR DIE BERATUNG

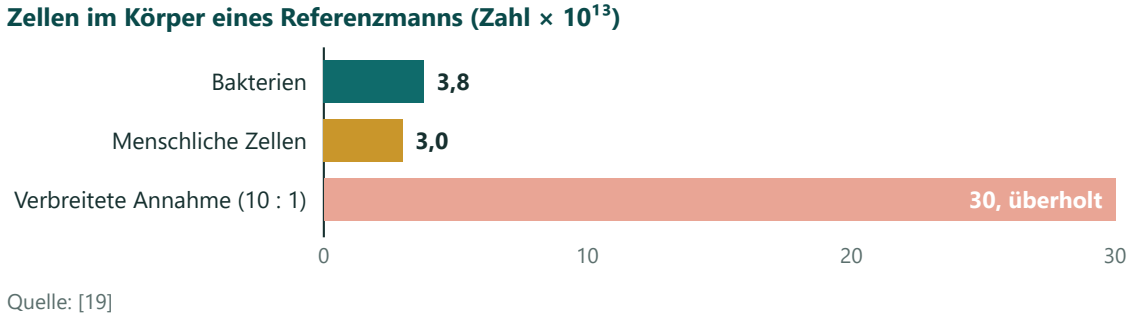
Mit der Nährstoffdichte kannst du Klienten helfen, hochwertig zu essen, ohne Kalorien zu zählen. Betrachte immer mehrere Nährstoffe zusammen (Praxisableitung).

3 1.3 Das Darmmikrobiom

Das Darmmikrobiom ist die Gesamtheit der Mikroorganismen im Darm. Es beeinflusst Verdauung, Immunsystem und Stoffwechsel. Viele Aussagen dazu sind in Medien übertrieben.

Wie viele Bakterien?

Studie Die Behauptung „Bakterien übertreffen Körperzellen 10 zu 1" ist überholt. Eine Neuberechnung kam für einen 70 kg schweren Referenzmann auf etwa 3,8 × 10^{13} Bakterien und etwa 3,0 × 10^{13} menschliche Zellen: ein Verhältnis in der Größenordnung von 1 zu 1. Die Gesamtmasse der Bakterien beträgt etwa 0,2 kg, nicht 1 bis 2 kg. Rund 90 % der menschlichen Zellen sind Blutzellen.[19]



Quelle: [19]

Abb. 8: Bakterien und menschliche Zellen sind etwa gleich häufig.[19]

Zusammensetzung und Vielfalt

Im Darm leben etwa 1.000 Arten. Häufige Gruppen sind Firmicutes (heute Bacillota) und Bacteroidetes (Bacteroidota). Review Das Verhältnis beider Gruppen wird oft als Marker für Übergewicht genannt. Ein Review fand dazu viele widersprüchliche Ergebnisse, zum Teil durch Unterschiede in Methoden und Lebensstil. Aktuell lässt sich das Verhältnis keinem Gesundheitszustand eindeutig zuordnen.[20]

Beobachtung In Beobachtungsstudien ging eine abwechslungsreiche Kost mit vielen verschiedenen Pflanzen mit einer vielfältigeren Mikrobiota einher. Eine gesunde pflanzenbasierte Ernährung hing mit höherer Vielfalt zusammen, eine ungesunde pflanzenbasierte Ernährung eher nicht. Die oft zitierte Zahl „30 verschiedene Pflanzen pro Woche" stammt aus einer Bürgerforschungskohorte mit Selbstauskunft und ist eine Orientierung, kein Grenzwert.[21][22]

Review Ultra-verarbeitete Lebensmittel sind in Beobachtungsstudien mit Darmerkrankungen verbunden. Für Zusatzstoffe wie Emulgatoren und Süßstoffe stammt die Evidenz überwiegend aus Labor- und Tierversuchen, Interventionsstudien am Menschen sind selten.[23]

FOLGERUNG FÜR DIE BERATUNG

Du empfiehlst Vielfalt, Ballaststoffe und weniger Ultra-Verarbeitetes. Du versprichst keine bestimmte Mikrobiota-Zusammensetzung und nutzt keine „Mikrobiom-Tests" als Beratungsgrundlage (Praxisableitung).[20][23]

Die Darm-Hirn-Achse

Darm und Gehirn kommunizieren in beide Richtungen. Review Ein Review beschreibt drei Wege: den neuralen Weg über Vagusnerv und Darmnervensystem, den immunologischen Weg über Botenstoffe der Immunzellen und den endokrinen Weg mit Hormonen, Darmpeptiden und bakteriellen Stoffwechselprodukten wie kurzkettigen Fettsäuren.[24]

Darm-Hirn-Achse: drei Kommunikationswege

Neural	Immunologisch	Endokrin
Vagusnerv Darmnervensystem direkte Verbindung zum Gehirn	Zytokine der Immunzellen Bakterienbestandteile im Blut Entzündungssignale	Stressachse (HPA) Darmhormone, Neurotransmitter kurzkettige Fettsäuren

Quelle: [24]

Abb. 9: Das Mikrobiom wirkt über Nerven, Immunsystem und Hormone auf das Gehirn und umgekehrt.[24]

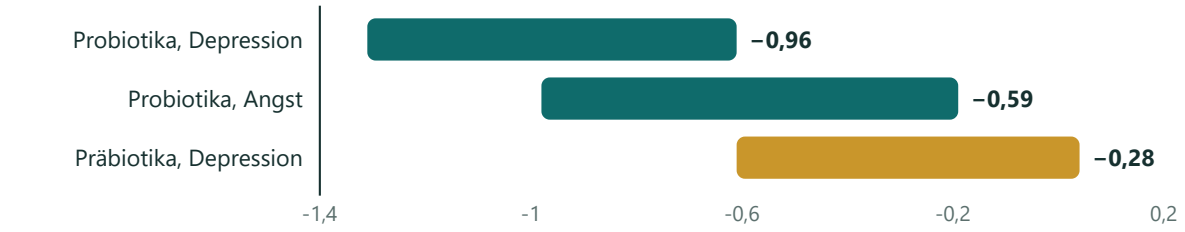
Serotonin im Darm

Review Enterochromaffine Zellen im Darm bilden bis zu 95 % des Serotonins im Körper. Es steuert vor allem Darmbewegung und Sekretion. Bestimmte Darmbakterien (sporenbildende Arten aus Mensch und Maus) fördern diese Serotoninbildung.[25][26] Darmserotonin gelangt nach Lehrbuchwissen nicht ins Gehirn, es ersetzt also keine Aussage über die Stimmung (Fachwissen).

Psychobiotika: was ist belegt?

Review Eine Meta-Analyse von 23 Studien (1.401 Patienten mit Diagnose) fand, dass Probiotika Depressionssymptome (SMD −0,96) und Angstsymptome (SMD −0,59) verringerten, bei hoher Heterogenität. Präbiotika zeigten keinen eindeutigen Effekt auf Depression (SMD −0,28, Intervall schließt 0 ein).[27] Eine ältere Meta-Analyse von 34 Studien fand kleinere Effekte in der Allgemeinbevölkerung (Depression d = −0,24, Angst d = −0,10) und größere in klinischen Gruppen (d = −0,45).[28] Die Sicherheit der Evidenz war für die meisten Skalen sehr niedrig bis niedrig.[29]

Probiotika und Präbiotika bei Depression und Angst (SMD, 95-%-Intervall)



Meta-Analyse von 23 Studien mit Diagnose. Quelle: [27]

Abb. 10: Erste Hinweise auf einen Nutzen von Probiotika, aber hohe Streuung und niedrige Sicherheit der Evidenz.[27][29]

ABGRENZUNG

Probiotika sind keine Behandlung für Depressionen und ersetzen keine ärztliche oder psychotherapeutische Behandlung (Praxisableitung).[29]

Probiotika, Präbiotika, Synbiotika, Postbiotika

Begriff	Definition (Fachwissen)	Beispiele
Probiotika	Lebende Mikroorganismen, die in ausreichender Menge einen Gesundheitsnutzen haben	Joghurt, Kefir, Sauerkraut (roh), Kimchi, Miso, Tempeh, Präparate
Präbiotika	Selektiv fermentierte Stoffe, die das Wachstum bestimmter Darmbakterien fördern	Inulin (Chicorée, Topinambur), Zwiebel, Knoblauch, resistente Stärke
Synbiotika	Kombination aus Pro- und Präbiotika	Joghurt mit Inulin, Kombipräparate
Postbiotika	Inaktivierte Mikroorganismen oder deren Stoffwechselprodukte mit Gesundheitsnutzen	Fermentationsprodukte, hitzebehandelte Stämme

Evidenz für Probiotika bei Antibiotika-Durchfall

Review Eine Meta-Analyse von 42 Studien (11.305 Erwachsene) fand, dass Probiotika zusammen mit Antibiotika das Risiko für Antibiotika-assoziierten Durchfall um 37 % senken (RR 0,63). Höhere Dosen wirkten besser, und nur bestimmte Gattungen, vor allem Laktobazillen und Bifidobakterien, waren wirksam. Bei niedrigem Ausgangsrisiko zeigte sich kein Unterschied. Eine ältere Meta-Analyse von 63 Studien (11.811 Teilnehmende) kam auf RR 0,58 und eine Number needed to treat von 13. Ein Umbrella Review fand bei Erwachsenen RR 0,47 und ambulant RR 0,49, die Sicherheit der Evidenz war moderat.[30][31][32]

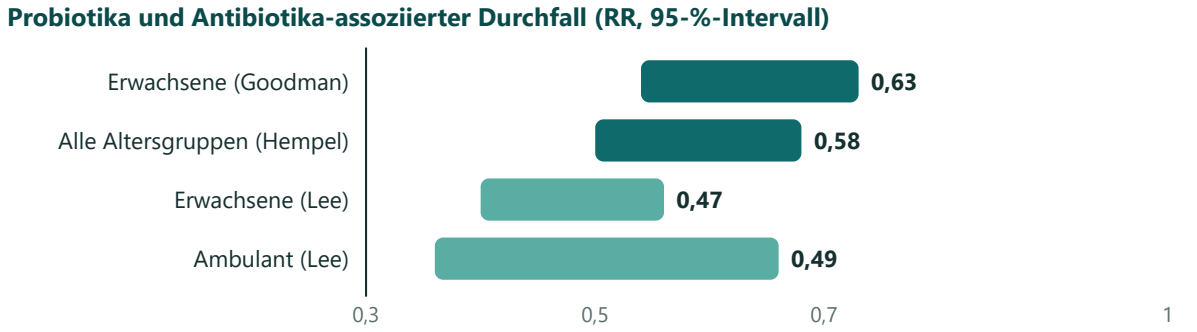


Abb. 11: Probiotika senken das Risiko für Antibiotika-Durchfall deutlich, Stamm und Dosis spielen eine Rolle.[30][31][32]

Die Zeitversetzung von Probiotikum und Antibiotikum um etwa zwei Stunden ist eine gängige Praxisregel, aber nicht in den geprüften Abstracts untersucht (Fachwissen).

Antibiotika und das Mikrobiom

Review Ein systematisches Review von 31 Studien fand: Antibiotika verringern rasch die Vielfalt der Darmbakterien. Nach dem Ende der Behandlung erholen sich die Bakterien bei den meisten innerhalb weniger Wochen, in einigen Studien blieben Veränderungen 2 bis 6 Monate bestehen. Doxycyclin und Clarithromycin wirkten deutlich, Amoxicillin, Penicillin V und Nitrofurantoin kaum.[33] Bei gesunden Erwachsenen fiel der Artenreichtum nach vier gängigen Antibiotika akut ab und erreichte bei den meisten nach etwa 2 Monaten wieder den Ausgangswert, mit veränderter Zusammensetzung und mehr Resistenzgenen. Bei einem Teil der Teilnehmenden blieb die Vielfalt nach 6 Monaten vermindert.[34]

Erholung des Darmmikrobioms nach einer Antibiotika-Kur (Monate)



Quellen: [33], [34]

Abb. 12: Die Erholung dauert meist Wochen bis wenige Monate. Eine pauschale Angabe „30 bis 70 % weniger Vielfalt" ist nicht belegt.[33][34]

WICHTIG

Antibiotika sind bei bakteriellen Infektionen notwendig. Du rätst nie zum Absetzen oder Verkürzen. Die Ernährung kann die Erholung unterstützen (Praxisableitung).[33]

Fermentierte Lebensmittel

Fermentierte Lebensmittel entstehen durch Mikroorganismen, die Zucker in Milchsäure oder Alkohol umwandeln, zum Beispiel Joghurt, Kefir, Sauerkraut, Kimchi, Miso, Tempeh und Sauerteigbrot. Sauerkraut half historisch gegen Skorbut bei Seeleuten, weil es Vitamin C enthält (Fachwissen).

Review Eine Meta-Analyse von 19 Studien (Gesunde) fand, dass fermentierte Lebensmittel Stuhlfrequenz, Stuhlkonsistenz, Magen-Darm-Beschwerden und Transitzeit verbessern. Die Sicherheit der Evidenz war meist niedrig.[35] In 52 Kohortenstudien zeigten Joghurt, fermentierte Milch und Natto eine leichte Verbindung mit niedrigerer Sterblichkeit. Für gesundheitsbezogene Werbeaussagen reicht die Evidenz nicht aus.[36]

4 1.4 Enzyme

Enzyme sind Proteine, die chemische Reaktionen beschleunigen, ohne sich selbst zu verbrauchen. Ohne sie liefe die Verdauung viel zu langsam ab.

Die wichtigsten Verdauungsenzyme (Fachwissen)

Enzym	Ort	pH-Optimum	Aufgabe
Speichel-Amylase	Speicheldrüsen	etwa 6,7 bis 7	Stärke zu Maltose und Dextrin, im Magensäure-Milieu inaktiv
Pepsin	Magen (als Pepsinogen)	etwa 1,5 bis 3,5	Proteine zu Peptiden, durch Salzsäure aktiviert
Pankreas-Amylase	Bauchspeicheldrüse	etwa 7 bis 8	Stärke und Glykogen zu Oligosacchariden
Trypsin, Chymotrypsin, Elastase	Pankreas (als Vorstufen)	etwa 7,5 bis 8,5	Proteine zu Peptiden
Pankreas-Lipase	Bauchspeicheldrüse	etwa 7 bis 8	Triglyceride zu Fettsäuren und Monoglyceriden, Gallensalze nötig
Laktase, Maltase, Saccharase	Bürstensaum Dünndarm	etwa 5,5 bis 6,5	Zweifachzucker zu Einfachzuckern

Zymogene: Selbstschutz der Drüse

Die Bauchspeicheldrüse bildet täglich 1,5 bis 3 Liter Saft mit über 20 Enzymen. Viele Eiweißspaltende Enzyme entstehen als inaktive Vorstufen, sogenannte Zymogene, und werden erst am Wirkort aktiviert. So verdaut sich das Organ nicht selbst (Fachwissen).

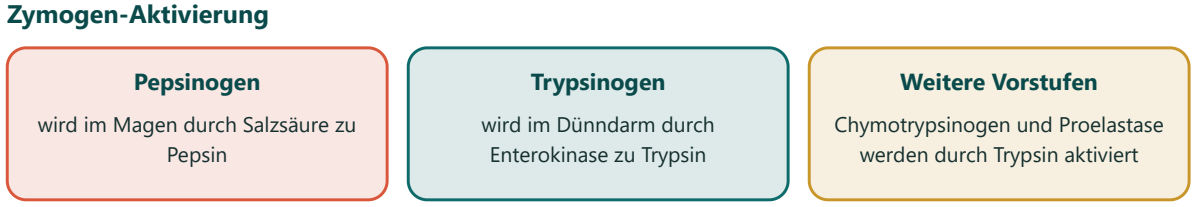


Abb. 13: Aktive Enzyme entstehen erst dort, wo sie gebraucht werden.

Das Schlüssel-Schloss-Bild von Emil Fischer (1894) gilt heute als vereinfacht. Das Induced-Fit-Modell (Koshland 1958) beschreibt, dass das Enzym seine Form beim Binden des Substrats anpasst, wie eine Hand, die einen Ball greift (Fachwissen).

Akute Pankreatitis: wenn das Schutzsystem versagt

Bei akuter Pankreatitis werden Enzyme schon in der Drüse aktiviert, das Organ verdaut sich teilweise selbst. Häufige Ursachen sind Gallensteine, Alkohol und stark erhöhte Blutfette (Fachwissen). Die Behandlung ist ärztlich. Zur Ernährung hat sich die Sicht verändert: Früher wurde lange nüchtern gelassen.

Review Eine Netzwerk-Meta-Analyse von 23 Studien (2.095 Patienten) fand, dass frühe orale Ernährung im Vergleich mit parenteraler Ernährung die größte Sterblichkeitssenkung zeigte. Auch verzögerte orale und frühe enterale Ernährung (Sonde) senkten die Sterblichkeit. Eine Meta-Analyse bei leichter Pankreatitis fand, dass sofortige enterale Ernährung die Krankenhausaufenthaltsdauer verkürzte und besser vertragen wurde als verzögertes Wiederanfüttern.[37][38]

EINORDNUNG

Der Ernährungsplan liegt im Krankenhaus bei Ärzteteam und Ernährungsfachkräften. Die Regel „Sonde und fettarme Kost, dann schrittweiser Aufbau" ist durch frühe orale Kost ergänzt worden (Praxisableitung aus den Meta-Analysen).[37]

Natürliche Enzymquellen und Enzympräparate

Papaya (Papain), Ananas (Bromelain), Banane und Mango (Amylasen) und Avocado (Lipase) enthalten Enzyme. Beim Verzehr werden sie selbst verdaut. Ein belegter Nutzen als „Verdauungshilfe" ist daraus nicht abzuleiten (Fachwissen).

Klein Zu Enzympräparaten bei Gesunden gibt es nur kleine Studien: eine Crossover-Studie mit 20 Teilnehmenden fand weniger Bauchumfang nach einer Mahlzeit, eine Studie bei Menschen mit Dünndarmstoma fand mehr freigesetzte Einfachzucker. Beide sind klein, kurz und eng gefasst, sie belegen keinen Alltagsnutzen.[39][40]

FOLGERUNG FÜR DIE BERATUNG

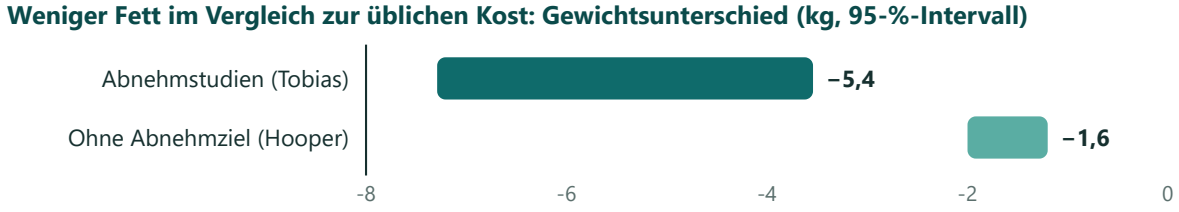
Bei Beschwerden zuerst ärztlich abklären lassen. Enzympräparate sind bei nachgewiesener Pankreasinsuffizienz ärztlich verordnete Therapie, bei Gesunden nicht empfohlen (Praxisableitung).[39]

5 1.5 Mythen und Missverständnisse

Kaum ein Bereich ist so anfällig für Fehlinformationen wie Ernährung. Du bist die Übersetzerin oder der Übersetzer zwischen Wissenschaft und Alltag.

Mythos	Was Menschen glauben	Was die Studien zeigen
„Fett macht fett“	Wer weniger Fett isst, wird schlank	Adipositas entsteht durch Energieüberschuss. Weniger Fett führte in Studien zu kleinen, anhaltenden Gewichtsvorteilen gegenüber üblicher Kost. Gegenüber anderen Diäten gleicher Intensität war es langfristig nicht überlegen.[41][42]
„Detox-Kuren reinigen den Körper“	Saftkuren entlasten Leber und Nieren	Leber und Nieren entgiften kontinuierlich. Für kommerzielle Detox-Diäten gibt es keine randomisierten Studien am Menschen, die klinischen Studien sind klein und methodisch schwach.[43]
„Natürlicher Zucker ist gesünder“	Honig und Dicksäfte sind unbedenklich	Honig ist ein freier Zucker. Meta-Analysen sehen bei Einbettung in gesunde Kost leichte Verbesserungen bei Nüchternzucker und Blutfetten, mit niedriger Sicherheit der Evidenz.[44]
„Roh ist immer besser“	Kochen zerstört alle Nährstoffe	Hitze kann manche Stoffe abbauen und die Aufnahme anderer verbessern. Das hängt von Lebensmittel und Methode ab.[45] Rohe Hülsenfrüchte enthalten giftige Stoffe und müssen gegart werden (Fachwissen).
„Protein sofort nach dem Sport“	Nur 30 Minuten nach dem Training zählen	Zwei Meta-Analysen fanden keinen entscheidenden Einfluss des Zeitpunkts. Wichtiger ist die Gesamtmenge am Tag.[46][47]

Zur Gewichtsfrage: Eine Meta-Analyse fand bei niedrigerer Fettzufuhr 1,6 kg weniger Körpergewicht, eine andere bei Abnehmstudien einen Vorteil von Low-Carb gegenüber Low-Fat von 1,15 kg. Das Bild hängt davon ab, womit verglichen wird. [41][42]



Meta-Analysen randomisierter Studien. Quellen: [42], [41]

Abb. 14: Gegenüber der üblichen Kost führt weniger Fett zu weniger Gewicht, gegenüber anderen Diäten nicht.[42][41]

Zwei Mythen genauer

„Fett macht fett" und die Low-Fat-Ära. Die Aussage, die Low-Fat-Jahre hätten zu mehr Zucker und mehr Adipositas geführt, ist eine Deutung. Die Meta-Analysen zeigen nicht, dass weniger Fett schadet, aber auch nicht, dass es anderen Diäten überlegen ist, wenn der Aufwand gleich ist.[42]

Honig als „gesunder" Zucker. Die Studien stützen weder, dass Honig schadet, noch, dass er einen echten gesundheitlichen Vorteil hat. Wenn Honig statt anderer Zucker mit gleicher Energie gegessen wurde, fanden sich keine Effekte, nur beim zusätzlichen Verzehr in einzelnen Parametern. Die Sicherheit der Evidenz ist niedrig bis sehr niedrig.[44]

> **FOLGERUNG FÜR DIE BERATUNG**
> Ersetze Mythen nicht durch neue Dogmen. Sag, was belegt ist, wie sicher es ist und was offen bleibt. Das stärkt dein Vertrauen bei Klienten (Praxisableitung).

So kommunizierst du Evidenz

Situation	Antwort (Praxisableitung)
Studie in den Medien: „X heilt Y"	Frag nach Studientyp, Größe, Vergleichsgruppe und Endpunkt
Beobachtungsstudie	Zusammenhang, keine Ursache[21]
Tier- oder Zellversuch	Ideengeber, kein Beweis für den Menschen[25]
Meta-Analyse mit hoher Heterogenität	Mittelwert vorsichtig lesen, Unterschiede ansehen[27]
Niedrige Sicherheit der Evidenz	Offen sagen, nicht überbetonen[44]

6 1.6 und 1.7 Praxis, Zusammenfassung, Quellen

1.6 Mahlzeitentiming und Sport

Je intensiver die Belastung, desto schonender sollte die Mahlzeit davor sein. Leitlinie Ein Positionspapier zu Magen-Darm-Beschwerden bei Sport nennt als meist hilfreich Kohlenhydrate und Eiweiß sowie ausreichend Flüssigkeit vor und während der Belastung, eine gezielte Anpassung fermentierbarer Kohlenhydrate (FODMAP) und ein Training der Magen-Darm-Toleranz. Negative Ergebnisse zeigten eine kohlenhydratarme, fettreiche Kost und Probiotika-Gaben.[48] Ein Review von 29 Studien bestätigt: Kohlenhydrataufnahme nach Empfehlungen und ein Training des Darms lindern Beschwerden, hydrogelbasierte Produkte bringen keinen Vorteil.[49]

Zeitpunkt	Empfehlung (Praxisableitung)	Beispiele
3 bis 4 Stunden vorher	Vollständige Mahlzeit, kohlenhydratbetont, mäßig Eiweiß, wenig Fett	Reis mit Hähnchen und Gemüse, Pasta mit Tomatensoße
1 bis 2 Stunden vorher	Kleiner Snack mit leicht verdaulichen Kohlenhydraten	Banane, Toast mit Honig, Reiswaffeln, Haferriegel
30 bis 60 Minuten vorher	Nur bei Bedarf, sehr klein und schnell verfügbar	Halbe Banane, Traubenzucker, Apfelmus
Nach dem Training	Kohlenhydrate und Eiweiß, Gesamtmenge am Tag zählt[46]	Milch oder Shake mit Banane, Quark mit Haferflocken

Das Verhältnis von Kohlenhydraten zu Eiweiß von 3 zu 1 oder 4 zu 1 nach dem Training ist eine verbreitete Praxisregel (Fachwissen), kein belegter Grenzwert. Das „anabole Fenster" ist weiter, als lange gedacht.[46][47]

Mikrobiomfreundliche Ernährung

Maßnahme	Begründung	Belegstärke
Mindestens 30 g Ballaststoffe täglich	Substrat für kurzkettige Fettsäuren, niedrigere Sterblichkeit[14]	Moderat (Meta-Analysen)
Möglichst viele verschiedene Pflanzen	Hängt mit höherer Vielfalt zusammen[21][22]	Beobachtung
1 bis 2 Portionen fermentierter Lebensmittel	Besserer Stuhlgang, Beschwerden[35][36]	Niedrig bis moderat
Ultra-verarbeitete Lebensmittel verringern	Zusammenhang mit Darmerkrankungen[23]	Beobachtung, Zusatzstoffe präklinisch
Langsam und bewusst essen	Weniger Energieaufnahme im Experiment[4]	Moderat, kleine Effekte

Formular: Verdauungs- und Ernährungstagebuch

Klient/in (Kürzel): _____ Zeitraum: _____ Datum: _____

Tag und Mahlzeit	Was und wie viel	Beschwerden (Zeit, Art)	Stuhl, Trinkmenge
Tag 1: Frühstück			
Tag 1: Mittag			
Tag 1: Abend, Snacks			
Tag 2: Frühstück			
Tag 2: Mittag			
Tag 2: Abend, Snacks			
Tag 3: Frühstück			
Tag 3: Mittag			
Tag 3: Abend, Snacks			

Ausgewertet wird

- Ballaststoffe: Wie viele Gramm, wie viele Pflanzensorten pro Woche?[14]
- Essgeschwindigkeit und Kauen: Wie lange dauert eine Mahlzeit?[4]
- Zeitliche Verbindung von Beschwerden und Mahlzeiten, Medikamenten oder Antibiotika[33]
- Warnzeichen für die ärztliche Abklärung: Gewichtsverlust, Blut im Stuhl, anhaltende Beschwerden, Nachtschweiß

ABGRENZUNG

Ein Tagebuch ersetzt keine Diagnostik. Bei Warnzeichen, Verdacht auf Zöliakie oder Laktoseintoleranz und bei anhaltenden Beschwerden verweist du an die Hausarztpraxis (Praxisableitung).[9][12]

Zwei Fälle zum Anwenden

Beide Fälle sind erfunden. Überlege zuerst, bevor du den Lösungsweg liest.

Fall A: Magenprobleme beim Laufen

Ein 34-jähriger Freizeitläufer hat beim Morgenlauf Seitenstechen und Blähungen. Er isst 30 Minuten vorher Müsli mit Nüssen und Rohkostsalat, trinkt dazu einen großen Milchkaffee und läuft intensiv. Wie berätst du?

LÖSUNGSWEG

Einordnung: Fett, Ballaststoffe und Milch verzögern die Magenentleerung und können Beschwerden verstärken.[5][48] **Plan:** Bei früher Belastung 1 bis 2 Stunden vorher einen kleinen, kohlenhydratreichen Snack (Banane, Toast), bei mehr Zeit 3 bis 4 Stunden vorher eine vollständige Mahlzeit mit wenig Fett.[48][49] **Darmtraining** durch schrittweise Gewöhnung. **Nichts Neues im Wettkampf. Dokumentation:** Tagebuch für 1 Woche. **Abklärung** bei anhaltenden Beschwerden, Gewichtsverlust oder Blut im Stuhl.

Fall B: Nach dem Antibiotikum

Eine 29-Jährige nimmt seit drei Wochen kein Antibiotikum mehr. Sie hat Blähungen und weichen Stuhl und will sechs Monate lang ein teures Probiotikum samt Enzympräparat kaufen. Was rätst du?

LÖSUNGSWEG

Einordnung: Nach Antibiotika sind Veränderungen im Darm meist nach Wochen bis Monaten abgeklungen.[33][34] **Probiotika:** Zur Vorbeugung von Durchfall während der Einnahme belegt, nach der Kur ist der Nutzen weniger klar. Stamm und Dosis zählen.[30][32] **Enzyme:** Für Gesunde kein belegter Nutzen.[39] **Ernährung:** Ballaststoffe schrittweise steigern, fermentierte Lebensmittel, Vielfalt.[14][35] **Abklärung:** Hält der Durchfall an, hausärztlich klären lassen, auch wegen Infektionen oder Zöliakie.[9]

1.7 Zusammenfassung: Was du jetzt weißt

Wiederholungsfragen zur Selbstüberprüfung

1. Erkläre, wie die Darmoberfläche vergrößert wird, und nenne die Größenordnung der gemessenen Fläche.[1]
2. Warum bildet die Bauchspeicheldrüse Zymogene? Was passiert, wenn der Schutz ausfällt?
3. Unterscheide biologische Wertigkeit und DIAAS.[17]
4. Was sind kurzkettige Fettsäuren und wo entstehen sie?[13]
5. Erkläre den Unterschied zwischen Probiotika, Präbiotika, Synbiotika und Postbiotika und nenne ein belegtes Anwendungsfeld.[30]
6. Warum bleibt Zöliakie oft unerkannt und welche Zeichen außerhalb des Darms sind Hinweise?[9]
7. Welche drei Wege hat die Darm-Hirn-Achse und wie gut sind Probiotika bei Depression belegt?[24][27]
8. Was sagt die Studienlage zum Omega-6-zu-Omega-3-Verhältnis?[18]

Die 5 Kernerkenntnisse

Nr.	Aussage	Begründung
1	Verdauung ist ein aktiv geregeltes System	Von der kephalen Phase über Enzymkaskaden bis zur Fermentation durch Mikrobiota.[1][5]
2	Nährstoffe sind mehr als Kalorien	Ballaststoffe senken die Sterblichkeit, Fettqualität zählt.[14][18]
3	Das Mikrobiom ist wichtig, aber oft überschätzt	Bakterien und Körperzellen etwa 1 zu 1, viele Aussagen beruhen auf Beobachtung.[19][20]
4	Enzyme ermöglichen die Verdauung	Ihr Aufbau schützt den Körper, Präparate sind für Gesunde nicht belegt.[39]
5	Wissenschaft schlägt Mythen, auch alte Lehrbuchzahlen	Belege prüfen, Sicherheit der Evidenz benennen.[43][42]

Empfehlung für dein Selbststudium

- Erstelle Karteikarten (zum Beispiel mit Anki) zu Enzymen und pH-Optima.
- Führe eine Woche lang ein Ernährungsprotokoll: Wie viele Gramm Ballaststoffe, wie viele Pflanzensorten?
- Lies Primärstudien auf PubMed mit Stichworten aus diesem Kapitel.

> **HINWEIS**
> Dieses Material dient der Fortbildung und stellt keine Diagnose oder Behandlungsempfehlung dar. Fallbeispiele sind erfunden. Zahlen aus Studien sind keine Empfehlung für den Einzelfall.

Quellenverzeichnis

Recherche über Consensus und PubMed, Stand Oktober 2026. Pfad jeweils unter consensus.app/papers/details/.

1. Helander HF, Fändriks L (2014). Surface area of the digestive tract - revisited. *Scand J Gastroenterol.* …/2f6585579b6453768e9772e3ef6f93ad/
2. Krop EM et al. (2018). Influence of oral processing on appetite and food intake - A systematic review and meta-analysis. *Appetite.* …/00808fa88af252529a53af86a74376c5/
3. Miquel-Kergoat S et al. (2015). Effects of chewing on appetite, food intake and gut hormones: A systematic review and meta-analysis. *Physiol Behav.* …/0f829dac395851f2bdaa41837e824e41/
4. Robinson E et al. (2014). A systematic review and meta-analysis examining the effect of eating rate on energy intake and hunger. *Am J Clin Nutr.* …/ac820294514056d093e3a91cb985c1ee/
5. Carbonnel F et al. (1994). Effect of the energy density of a solid-liquid meal on gastric emptying and satiety. *Am J Clin Nutr.* …/c8ab7c73f4b05737a3a15cae0b64fba7/
6. Hunt JN, Stubbs DF (1975). The volume and energy content of meals as determinants of gastric emptying. *J Physiol.* …/0367f6d0ee26501086e888ac6369cdc9/
7. Alves LSM et al. (2024). Changes in taste perception in elderly population and its potential impact on oral health: a systematic review with meta-analysis. *Front Oral Health.* …/2dc4f0eec3d3560aa09733798ed02744/
8. Barragán R et al. (2018). Bitter, Sweet, Salty, Sour and Umami Taste Perception Decreases with Age. *Nutrients.* …/79531066a4695e279218630f903969b1/
9. Şahin Y (2021). Celiac disease in children: A review of the literature. *World J Clin Pediatr.* …/2175b5c77702507ebac0db3b3ae51a8d/
10. Catassi C et al. (2007). A prospective, double-blind, placebo-controlled trial to establish a safe gluten threshold for patients with celiac disease. *Am J Clin Nutr.* …/1faaae67766c5cdcac6fa806788379c0/
11. Akobeng AK, Thomas AG (2008). Systematic review: tolerable amount of gluten for people with coeliac disease. *Aliment Pharmacol Ther.* …/0f417330fd5e5d86b6d78d69ac5839ff/
12. Heine RG et al. (2017). Lactose intolerance and gastrointestinal cow's milk allergy in infants and children: common misconceptions revisited. *World Allergy Organ J.* …/0ee0db45177c5cbf8a8dae91ad2eb048/
13. Facchin S et al. (2024). Short-Chain Fatty Acids and Human Health: From Metabolic Pathways to Current Therapeutic Implications. *Life.* …/8312255b8f6e5be2926cc410977740c6/
14. Reynolds A et al. (2019). Carbohydrate quality and human health: a series of systematic reviews and meta-analyses. *Lancet.* …/2eee080566cc5b7bbed43291c5e9837a/
15. Ramezani F et al. (2023). Dietary fiber intake and all-cause and cause-specific mortality: An updated systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Clin Nutr.* …/6e9d5501bc83574599a89a68905fefaa/
16. Yao F et al. (2023). Dietary intake of total vegetable, fruit, cereal, soluble and insoluble fiber and risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Front Nutr.* …/3ee2f031cc9d5cb3a65288a6c02fde2d/
17. Craddock JC et al. (2021). Limitations with the Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) with Special Attention to Plant-Based Diets: a Review. *Curr Nutr Rep.* …/d6a746a56e355855853d480600c80ea6/
18. Djuricić I, Calder PC (2021). Beneficial Outcomes of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Human Health: An Update for 2021. *Nutrients.* …/774a9f1c080a534db72f65ef4fa77f51/
19. Sender R et al. (2016). Revised Estimates for the Number of Human and Bacteria Cells in the Body. *PLoS Biol.* …/78abe6baf0005c888bfbf15687568fad/
20. Magne F et al. (2020). The Firmicutes/Bacteroidetes Ratio: A Relevant Marker of Gut Dysbiosis in Obese Patients? *Nutrients.* …/5f6857d4fc2951b6a33432214e6b5128/
21. McDonald D et al. (2018). American Gut: an Open Platform for Citizen Science Microbiome Research. *mSystems.* …/859981bf136e5c4c97571a872840593b/
22. Shen XY et al. (2024). Plant-Based Diets and the Gut Microbiome: Findings from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Clin Nutr.* …/554b2fd078a35d8cb25075263f788cc9/
23. Whelan K et al. (2024). Ultra-processed foods and food additives in gut health and disease. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* …/2ae9b0d4a45459d6bcda61df4f70c744/
24. Kasarełło K et al. (2023). Communication of gut microbiota and brain via immune and neuroendocrine signaling. *Front Microbiol.* …/35f43b30bcf05eed91d6bc9175efe854/
25. Wei L et al. (2022). Enterochromaffin Cells-Gut Microbiota Crosstalk: Underpinning the Symptoms, Pathogenesis, and Pharmacotherapy in Disorders of Gut-Brain Interaction. *J Neurogastroenterol Motil.* …/7ecf833635615e38b940071b37675493/
26. Yano JM et al. (2015). Indigenous bacteria from the gut microbiota regulate host serotonin biosynthesis. *Cell.* …/83a1a6f96ee05eda918f11a20c4d3c83/

27. Asad A et al. (2024). Effects of Prebiotics and Probiotics on Symptoms of Depression and Anxiety in Clinically Diagnosed Samples: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutr Rev.* …/91a0d2c76eed5a8e82436f2e89f42601/
28. Liu RT et al. (2019). Prebiotics and probiotics for depression and anxiety: A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Neurosci Biobehav Rev.* …/7a36edec2d9553c598ad137480a6c6c1/
29. El Dib R et al. (2021). Probiotics for the treatment of depression and anxiety: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr ESPEN.* …/dd294b0c6aa05eb1b1943e42958f52d8/
30. Goodman C et al. (2021). Probiotics for the prevention of antibiotic-associated diarrhoea: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* …/03c81760d4e358f6a5fdcece88be3fc7/
31. Hempel S et al. (2012). Probiotics for the prevention and treatment of antibiotic-associated diarrhea: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* …/30fd6517e9c3521c87a79481c8551218/
32. Lee EL et al. (2025). Probiotics for the prevention of antibiotic-associated diarrhea: an umbrella review of meta-analyses of randomized controlled trials. *Eur J Clin Exp Med.* …/5d4266c02e895631846981e3ee467b2a/
33. Elvers KT et al. (2020). Antibiotic-induced changes in the human gut microbiota for the most commonly prescribed antibiotics in primary care in the UK: a systematic review. *BMJ Open.* …/73d3acc19cb05ad8a2ade20fd0bdd105/
34. Anthony WE et al. (2022). Acute and persistent effects of commonly used antibiotics on the gut microbiome and resistome in healthy adults. *Cell Rep.* …/b91a3a178b895f7496736085e8423d0c/
35. Mukherjee A et al. (2025). Impact of fermented foods consumption on gastrointestinal wellbeing in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *Front Nutr.* …/71d3259be371573788eed7be1e5dc946/
36. Paveljšek D et al. (2025). A systematic review of prospective evidence linking non-alcoholic fermented food consumption with lower mortality risk. *Front Nutr.* …/5602f8f17b1351dc9266ee49501e0e26/
37. Elhady MM et al. (2026). Optimizing nutritional support in acute pancreatitis: A systematic review and network meta-analysis of timing and route of feeding. *Pancreatology.* …/3d96195567f15cb5a2acdcf5792b2dc0/
38. Guo Q et al. (2022). Immediate enteral nutrition can accelerate recovery and be safe in mild acute pancreatitis: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Heliyon.* …/5c2a1d11a2ca5d1a935827b30ac5f1b8/
39. Martin-Biggers J (2024). A Multi-Digestive Enzyme and Herbal Dietary Supplement Reduces Bloating in a Single Use in Healthy Adults: A Randomized, Placebo-Controlled, Cross Over Study. *Nutr Diet Suppl.* …/2662407a9b6c5e148e302aa5fbf98db5/
40. Mazhar S et al. (2024). Acute physiological effects on macromolecule digestion following oral ingestion of the enzyme blend Elevase in individuals that had undergone an ileostomy. *Front Nutr.* …/70f12d8ee02155cebc5f6f96b8506570/
41. Hooper L et al. (2012). Effect of reducing total fat intake on body weight: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ.* …/d89f101eff255243a7f07c04090d58f9/
42. Tobias DK et al. (2015). Effect of Low-Fat vs. Other Diet Interventions on Long-Term Weight Change in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Lancet Diabetes Endocrinol.* …/1371f1ebfd165a1fb4525996cd8b9b15/
43. Klein AV, Kiat H (2015). Detox diets for toxin elimination and weight management: a critical review of the evidence. *J Hum Nutr Diet.* …/2c90ae6b974f561fbf50e738c73ca656/
44. Ahmed A et al. (2022). Effect of honey on cardiometabolic risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev.* …/77bf41ef3f2c5d399d00cce33dc29759/
45. Narra F et al. (2024). Impact of thermal processing on polyphenols, carotenoids, glucosinolates, and ascorbic acid in fruit and vegetables and their cardiovascular benefits. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* …/e1827cadcc6a5c6796f61fdf5376c9dc/
46. Schoenfeld BJ et al. (2013). The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* …/37c22c79ee875823b12c85b6a365ffa0/
47. Casuso RA et al. (2025). Does Protein Ingestion Timing Affect Exercise-Induced Adaptations? A Systematic Review with Meta-Analysis. *Nutrients.* …/9b2f5e140928504d8d8fbcde5c010d19/
48. Costa RJS et al. (2025). Sports Dietitians Australia and Ultra Sports Science Foundation Joint Position Statement: A Practitioner Guide to the Prevention and Management of Exercise-Associated Gastrointestinal Perturbations and Symptoms. *Sports Med.* …/c20a3730571352d69e763f151e38ea98/
49. Mlinaric J et al. (2025). Nutritional strategies for minimizing gastrointestinal symptoms during endurance exercise: systematic review of the literature. *J Int Soc Sports Nutr.* …/d546628f21c65199bf66e283b5c63c5e/