



Foto: © underdogstudios/Fotolia.com

Mikrobiota und Gesundheit

DR. MAIKE GROENEVELD

Alle Körperoberflächen des Menschen – ob von außen oder innen – sind mit Mikroben besiedelt, die offenbar einen großen Einfluss auf die Gesundheit ausüben. Besonders bedeutsam ist die Mikrobiota im Intestinaltrakt, deren Zusammensetzung und Aktivität stark von der Ernährung abhängt. Ernährungsfachkräfte assoziieren mit dem Gastrointestinaltrakt vor allem seine Verdauungsfunktion. Er ist jedoch auch ein wichtiger Teil der Immunabwehr.

Um einen intensiven Kontakt zwischen Nahrung und Körper zu gewährleisten, ist die Oberfläche des Darms durch Zotten, Krypten und Mikrovilli vielfach vergrößert, auf eine Fläche von rund 300 bis 400 Quadratmetern. Da es sich hierbei um eine Grenzfläche zur Außenwelt handelt, bietet sie pathogenen Mikroorganismen eine potenzielle Eintrittspforte. Deshalb muss der Verdauungstrakt zwei Funktionen erfüllen, die gegensätzlicher nicht sein können: er muss Nährstoffe durchlassen und alles, was dem Körper schadet, fernhalten. Folglich benötigt der Mensch im Darm eine starke Abwehr. Deshalb ist der Darm nicht nur ein Verdauungs-, sondern auch ein starkes Immunorgan. 70 bis 80 Prozent aller aktiven Immunzellen sind hier lokalisiert. Die Mikrobi-

ota ist Teil dieser Abwehr. Der gesamte Verdauungstrakt ist mit einer enormen Anzahl verschiedenster Bakterien, Archaeen (Urbakterien), Viren (Phagen), Hefen und Protozoen besiedelt. In ihrer Gesamtheit stellen sie die intestina-

le Mikrobiota dar. Die Dichte der Mikroben steigt vom Magen bis zum Dickdarm an (**Übersicht 1**). Während im oberen Verdauungstrakt bis 1.000 (10^3) Mikroorganismen pro Milliliter Inhalt leben, ist der Dickdarm mit 10^{12} Zellen pro Gramm Inhalt am dichtesten besiedelt (*Hörmansperger 2016*). Insgesamt umfasst die Mikrobiota 1.000 bis 1.500 verschiedene Bakterienarten (**Übersicht 2**). Entscheidend für den Einfluss auf die Gesundheit sind nicht nur die Mikroben an sich, sondern auch ihre

Übersicht 1: Verteilung der Mikrobiota im Gastrointestinaltrakt
(nach Bischoff, Köchling 2012)

Ort	Anzahl/Menge (colony forming units, cfu/ml)	Art
Magen, Zwölffingerdarm	10-1000	Lactobacillus, Streptococcus, Hefen
Dünndarm (Jejunum und Ileum)	10^4 – 10^8	Lactobacillus, Streptococcus, Bacteroides, Bifidobacteria, Fusobacteria, Coliformes
Dickdarm (Faeces)	10^9 – 10^{12}	Bacteroides, Bifidobacteria, Streptococcus, Eubacteria, Fusobacteria, Coliformes, Clostridia, Veillonella, Lacto- bacillus, Proteus, Staphylococcus, Pseudomonas, Hefen

Fakten zur Mikrobiota

- 95 Prozent der Bakterien, die unseren Körper besiedeln, leben im Darm.
- Die intestinale Mikrobiota umfasst 100 Billionen (10¹⁴) Mikroorganismen.
- Die Bakterien wiegen zusammengenommen ein bis zwei Kilogramm.
- Bakterien sind 10- bis 50-mal kleiner als menschliche Körperzellen (Durchmesser 0,5–5 µm).
- Würde man die Bakterien der intestinalen Mikrobiota wie auf einer Perlenschnur aneinanderreihen, ergäbe sich eine Kette, die 2,5-mal um die Erde reichte.

Quelle: http://www.gutmicrobiotaforhealth.com/wp-content/uploads/2015/10/Getting-to-know-your-gut-microbiota_EN.jpg, Zugriff: 18.07.2017

Systematik der Bakterien	
Ebene	Beispiel
Domäne	Bakterien
Phylum/Abteilung (Stamm*)	Firmicutes
Klasse	Bacilli
Ordnung	Lactobacillales
Familie	Lactobacillaceae
Gattung	Lactobacillus
Spezies/Art	L. reuteri
Stamm*	L. reuteri DSM 17938

* Im deutschsprachigen Raum gibt es zwei Bedeutungen für „Stamm“: 1. Auf der zweiten Rängebene gleichbedeutend mit Phylum. 2. Abstammungslinien innerhalb einer Bakterienart.

Ausstattung mit Enzymen, die ihre metabolische Aktivität bestimmen. In der Summe repräsentieren sie 100-mal mehr Gene als der sie beherbergende Mensch. Da die Gene den „Bauplan“ für alle Proteine inklusive der Enzyme enthalten, verdeutlicht dieser Faktor ihr hohes metabolisches Potenzial. Deshalb gilt das Mikrobiom – also die Mikroben mitsamt ihrer Stoffwechselaktivität – auch als „Organ im Organ“.

Der Einfluss der intestinalen Mikrobiota auf die Gesundheit – im Positiven wie im Negativen – beschränkt sich nicht nur auf den Verdauungstrakt und das darmassoziierte Immunsystem. Da das Darmlumen nicht hermetisch vom restlichen Körper abgeschlossen ist, gelangen biologisch aktive Substanzen der Bakterien über das Epithel in den Blutkreislauf. Auf diese Weise beeinflussen die Mikroben den gesamten Körper. Neben Erkrankungen wie Reizdarm-Syndrom und chronisch entzündliche Darmerkrankungen stehen auch Allergien, Adipositas, Diabetes und Depressionen mit der Mikrobiota in Zusammenhang. Die Rolle des Mikrobioms bei der Entstehung dieser Erkrankungen ist allerdings nicht abschließend geklärt. Offen ist bei einigen Krankheiten noch, ob Veränderungen des Mikrobioms Ursache oder Folge der Erkrankungen sind.

Zusammensetzung der intestinalen Mikrobiota

Im menschlichen Verdauungstrakt überleben nur solche Bakterienarten, die in der Lage sind, sich an die vorgegebenen Bedingungen anzupassen. Da am Ende des Dünndarms und im Dickdarm kein oder nur wenig Sauerstoff vorhan-

den ist, sind die meisten Darmbakterien Anaerobier. Sie gewinnen ihre Energie durch Fermentation (Blaut 2015). Außerdem müssen sie sich flexibel an ein wechselndes Nahrungsangebot anpassen können, denn ihre Nahrung besteht aus allem, was im Darm verfügbar ist, hauptsächlich aus unverdauten Nahrungsbestandteilen, Verdauungssekreten, abgeschilferten Epithelzellen und Schleim. Studien zeigen, dass sich die Darmbakterien innerhalb weniger Stunden an ein verändertes Nahrungsangebot anpassen können (David et al. 2014). Die Ernährung ist daher ein wichtiger Modulator von Zusammensetzung und Aktivität der Mikrobiota. Bakterien werden nach dem internationalen Code der Nomenklatur anhand ihrer Merkmale systematisch eingeteilt. Die höchste Rängebene innerhalb der Domäne der Bakterien heißt

Phylum. Auf dieser Rängebene lassen sich verschiedene Gruppen von Bakterien unterscheiden: Etwa 50 Prozent der Darmbakterien zählt zu den Firmicutes und etwa 40 Prozent zu den Bacteroidetes (Übersicht 2). In geringeren Anteilen kommen Actinobakterien, Proteobakterien und Verrucomikroben vor. Auch wenn sie zahlenmäßig „unterrepräsentiert“ sind, können sie aufgrund ihrer hohen metabolischen Aktivität dennoch großen Einfluss auf die menschliche Gesundheit nehmen. Differenzierte Analysen der Mikrobiota auf Basis der Sequenzanalyse bakterieller 16SrRNA-Gene zeigten, dass im Stuhl über 1.000 verschiedene Spezies vorkommen. Jeder Mensch beherbergt ein individuelles Muster von etwa 100 bis 200 verschiedenen Bakterienarten, das so einzigartig ist wie sein Fingerabdruck.

Domäne	Phylum/ Stamm	Ordnung	Gattung	Anteil
Bacteria	Firmicutes	Clostridiales	Clostridium, Ruminococcus, Roseburia, Faecalibacterium u. a.	< 50 %
		Lactobacillales	Lactobacillus, Enterococcus, Streptococcus u. a.	
	Bacteroidetes	Bacteroidales	Bacteroides, Prevotella u. a.	< 40 %
	Proteobacteria	Enterobacteriales	Escherichia u. a.	< 2 %
		Desulfovibrionales	Bilophila u. a.	
	Actinobacteria	Bifidobacteriales	Bifidobacterium u. a.	< 10 %
		Coriobacteriales	Coriobacterium, Adlercreutzia u. a.	
	Fusobacteria	Fusobacteriales	Fusobacterium u. a.	< 2%
Verrucomicrobia	Verrucomicrobiales	Akkermansia u. a.	< 3 %	
Archaea	Euryarchaeota	Methanobacteriales	Methanobrevibacter, Methanosphaera u. a.	< 1 %
Eukarya	Ascomycota	Saccharomycetales	Candida u. a.	< 1 %

Übersicht 3: Einflussfaktoren auf die Mikrobiota (Groeneveld 2017)

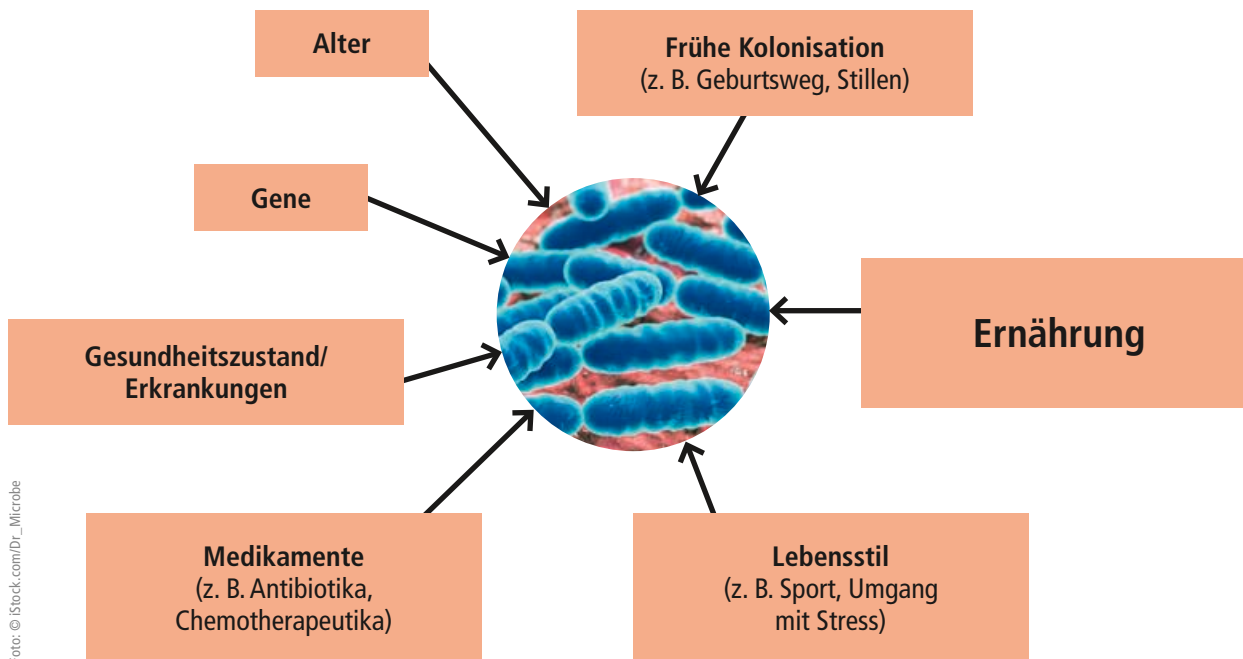


Foto: © iStock.com/Dr_Microbe

Entwicklung der Mikrobiota

Die Kolonisierung der Körperoberflächen (Haut, Schleimhäute) beginnt bei der Geburt (Hörmannspurger *et al.* 2016). Bei Kindern, die auf normalem Weg entbunden werden, erfolgt die Erstbesiedlung über vaginale Bakterien der Mutter. Die Mikrobiota von Kindern, die per Kaiserschnitt auf die Welt kommen, wird durch Umgebungskeime und die Hautmikrobiota der Angehörigen initiiert. Die Ernährung des Säuglings prägt die weitere Entwicklung. Da die Muttermilch präbiotisch wirkende Galaktooligosaccharide enthält, überwiegen bei gestillten Kindern Bifidobakterien. Mit Einführung der Beikost kommt es zu weiteren gravierenden Veränderungen der Mikrobiota (Hörmannspurger *et al.* 2016). Studien zeigen, dass die Mikrobiota in den ersten beiden Lebensjahren besonders starken Schwankungen unterliegt (Hörmannspurger *et al.* 2016). Die unreife Mikrobiota ist offenbar äußerst empfindlich gegenüber Umwelteinflüssen. Störungen der Entwicklung durch gastrointestinale Infektionen, Antibiotikagaben oder übertriebene Hygiene haben in diesem Zeitfenster vermutlich weitreichende Folgen. Ab dem Alter von zwei Jahren baut sich allmählich eine stabilere Mikrobiota auf, die im Erwachsenenalter unter konstanten Umweltbedingungen relativ be-

ständig ist. Die Einnahme von Medikamenten (z. B. Antibiotika, Protonenpumpenhemmer), Lebensstilfaktoren (z. B. Sport, Umgang mit Stress) wirken sich besonders prägend auf das Mikrobiom aus. Die Ernährung gilt als einer der wichtigsten Einflussfaktoren (Übersicht 3).

Die Darmbarriere

Für die Wirkungen der Mikrobiota auf die Gesundheit spielt nicht nur das Mikrobiom eine Rolle, sondern auch die Darmbarriere. Sie ist das Schutzschild, das den Körper vom Darmlumen trennt. Der Grad ihrer Durchlässigkeit entscheidet, wie viele Metabolite und Botenstoffe der Bakterien in Kontakt mit dem darmassoziierten Immunsystem und ins Blut gelangen.

Aufbau der Darmbarriere

Die Darmbarriere ist ein komplexes System, das aus verschiedenen funktionalen Komponenten besteht:

- **Mechanische Komponente:** Epithelzellen, Mucus, Tight-Junctions
- **Humorale Komponente:** Antimikrobielle Proteine (z. B. Defensine, Immunglobuline, Zytokine)
- **Immunologische Komponente:** spezifische und unspezifische Immunzellen (z. B. T- und B-Lymphozyten)

Anatomisch lassen sich drei Ebenen der Darmbarriere unterscheiden (Übersicht 4). Vom Darmlumen aus gesehen bildet der Mucus (Schleim) die erste Ebene. Er wird von den Becherzellen des Epithels gebildet und ist im Dünndarm ein- und im Dickdarm doppelschichtig. Die direkt auf dem Epithel liegende Mucusschicht ist fest mit diesem verbunden und für Bakterien in der Regel undurchdringlich. Der Schleim besteht hauptsächlich aus Glykoproteinen. Zusätzlich sondern Panethzellen antimikrobielle Peptide (Defensine) in den Schleim ab. Es ist inzwischen gut belegt, dass auch einige Bakterienarten wie *Akkermansia muciniphila* am Aufbau der Schleimschicht beteiligt sind (Cani, Everard 2016).

Die nächste Ebene der Darmbarriere besteht aus dem Epithel, das unterschiedliche Zellarten mit verschiedensten Funktionen integriert (u. a. die Panethzellen). Die Zwischenräume zwischen den Epithelzellen sind wie ein Reißverschluss mit großen Proteinmolekülen verschlossen (tight-junctions). In das Epithel eingebunden sind M-Zellen, die Antigene aus dem Darmlumen aufnehmen und den darunter liegenden Immunzellen präsentieren. Diese bilden in der Lamina propria ein dichtes Netz. Sie interagieren über Zytokine miteinander und lösen verschiedene Immunreaktionen aus. Botenstoffe der Mikrobiota regulieren die Aktivi-

tät der Immunzellen. Untersuchungen an keimfrei aufgezogenen Labortieren zeigen, dass sich die Barriere- und Immunfunktionen des Darms nur im Kontakt mit Mikroorganismen entwickeln können. Als Reaktion auf die mikrobielle Kolonisierung kommt es zu einer Aktivierung der Darmmukosa. In der Folge stellt sich eine verstärkte Produktion antimikrobieller Moleküle und die Reifung des darmassoziierten Immunsystems ein (Hörmannsperger 2016). Ein Vergleich des Immungewebes von keimfrei aufgezogenen Labortieren mit jenem konventioneller Tiere zeigt, dass die keimfreien Artgenossen ein unterentwickeltes darmassoziiertes Immunsystem haben. Sie besitzen weniger Peyer'sche Plaques (Ansammlungen von zehn bis 50 Lymphfollikeln) und Immunglobulin-bildende Zellen (Blaut 2015).

Wächterfunktion

Das Immunsystem im Gastrointestinaltrakt muss permanent zwischen pathogenen und harmlosen Darmbewohnern unterscheiden. Pathogene Keime müssen identifiziert und abgewehrt, harmlose toleriert werden (Blaut 2015). Diese Wächterfunktion ist bei verschiedenen Erkrankungen gestört, zum Beispiel bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen

und bei Nahrungsmittelallergien. Untersuchungen zeigen, dass die Mikrobiota für die Ausbildung der Wächterfunktion essenziell ist. Beispielsweise sind im Kolongewebe keimfreier Mäuse weniger regulatorische T-Zellen vorhanden und die Bildung antiinflammatorischer Zytokine (z. B. IL-10) ist vermindert (Blaut 2015).

Infektabwehr

Bei der Abwehr pathogener Keime aus der Nahrung bildet die Mikrobiota die erste „Linie“. Die kommensalen (im Darm beheimateten) Bakterien konkurrieren mit invasiven (eindringenden) um essenzielle Nährstoffe und um Adhäsionsstellen und verdrängen sie im Idealfall. Zudem synthetisieren sie antimikrobielle Substanzen und organische Säuren, die den pH-Wert senken. Das unterstützt die Abwehr pathogener Keime. Die erhöhte Infektanfälligkeit nach einer Störung dieses Ökosystems durch Antibiotika zeigt deutlich, wie wichtig die intestinale Mikrobiota für die Pathogenabwehr ist (Hörmannsperger 2016). Forscher des Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung in Braunschweig konnten kürzlich zeigen, dass bestimmte Bakterienarten der Mikrobiota an der Abwehr von Salmonellen beteiligt

Nachgewiesene Zusammenhänge zwischen Mikrobiota und Gesundheit

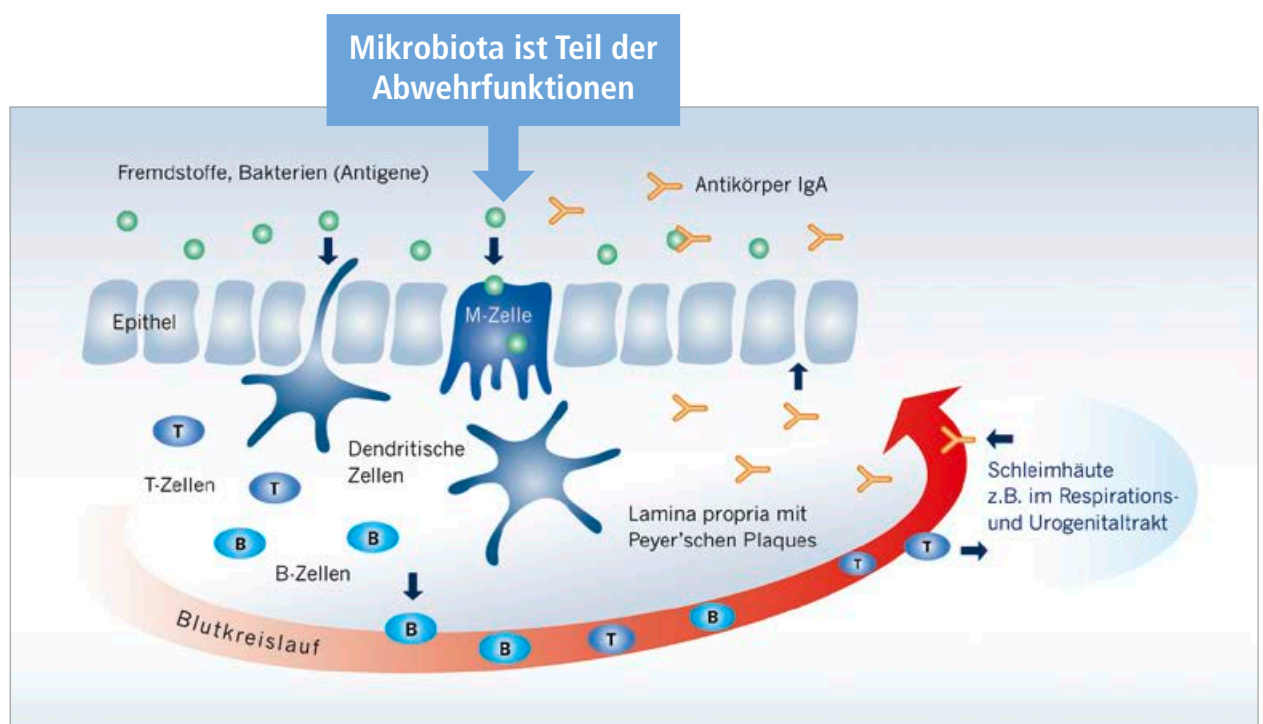
- Immunabwehr, Allergien, Neurodermitis
- Nahrungsmittelunverträglichkeiten
- Reizdarmsyndrom, chronisch-entzündliche Darmerkrankungen
- Adipositas, Diabetes, Metabolisches Syndrom
- Depressionen, Autismus

sind (Thiemann et al. 2017). Die Darmbakterien interagieren also mit den Immunzellen im Gastrointestinaltrakt und regulieren die Immunreaktion.

Mikrobiota und Erkrankungen

Der gesunde Mensch lebt mit seiner Mikrobiota in friedlicher Koexistenz, einer Art Symbiose. Ist das Gleichgewicht nachhaltig gestört, entsteht eine Dysbiose, die durch einen Verlust an Vielfalt, Änderung der Zusammensetzung und Zunahme an Pathobionten charakterisiert ist (Schaubeck, Haller 2015). Das kann die Entstehung von Beschwerden begünstigen. Viele Studien bestätigen, dass bestimmte Erkrankungen mit typischen Veränderungen der Mikrobiota

Übersicht 4: Aufbau der Darmbarriere (Yakult Deutschland GmbH)





Die Zusammensetzung der Mikrobiota kann die Allergiefähigkeit beeinflussen.

ta korrelieren. Dazu zählen etwa Reizdarmsyndrom und chronisch-entzündliche Darmerkrankungen sowie Diabetes (Enck et al. 2016; Wehkamp et al. 2016; Cani, Everard 2016). Dabei ist oft noch nicht klar, ob die veränderte Mikrobiota Ursache oder Folge der Erkrankung ist. Forscher beobachteten allerdings an Labortieren, dass die Übertragung der Mikrobiota von erkrankten Tieren auf gesunde Artgenossen etwa die Entstehung von Adipositas förderte (Ridaura et al. 2013).

Darmerkrankungen

Sowohl beim Reizdarmsyndrom als auch bei chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen ist die Mikrobiota

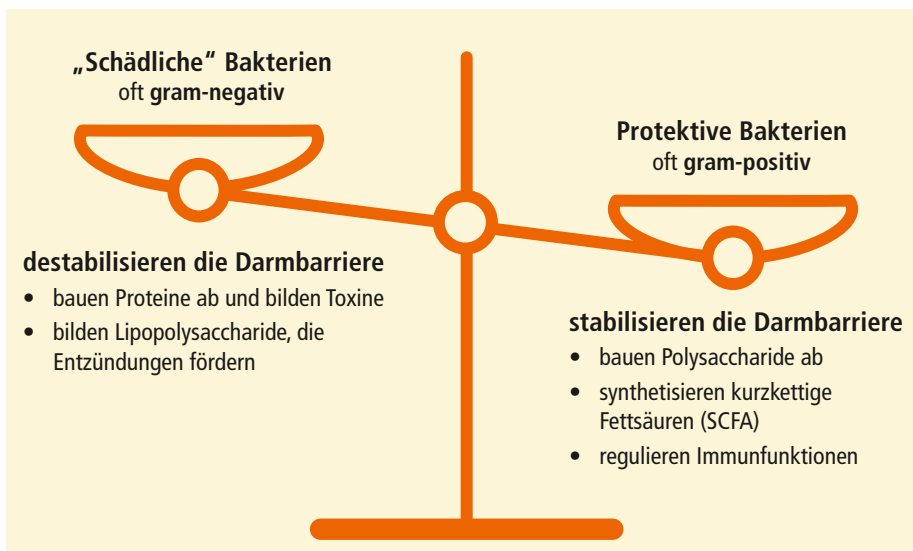
deutlich verändert (Enck et al. 2016; Wehkamp et al. 2016). Studien zeigen, dass Patienten mit chronisch-entzündlichen Darmerkrankungen eine reduzierte Diversität (Vielfalt) der Mikrobiota aufweisen und die relativen Anteile bestimmter Bakterienarten verschoben sind (Blaut 2015). Sie beherbergen beispielsweise weniger *Faecalibacterium prausnitzii*, einen Bakterienstamm, der die Darmbarriere stabilisiert und entzündungshemmend wirkt. Experten gehen heute davon aus, dass chronisch-entzündliche Darmerkrankungen durch eine Überreaktion des Immunsystems auf bestimmte Bakterien der intestinalen Mikrobiota entstehen. Eine Mitursache sind etwa 200 genetische Mutationen, die mit Veränderungen beim Erkennen

von Mikroorganismen und den dadurch ausgelösten Immunreaktionen einhergehen (Schaubeck, Haller 2015; Wehkamp 2016). Eine dieser Mutationen führt beispielsweise dazu, dass die Panethzellen weniger Defensine bilden. Infolgedessen siedeln sich bestimmte aggressive Bakterienarten (z. B. invasive *E. coli*-Stämme) näher am Epithel an und lösen Entzündungsreaktionen aus (Martinez-Medina, Garcia-Gil 2014; Wehkamp 2016). Neben der genetischen Prädisposition spielt auch die Ernährung eine Rolle. Mit der so genannten Western Diet nehmen die Menschen vermehrt gesättigte Fettsäuren auf. Das führt dazu, dass im Darmlumen mehr Gallensäuren, vor allem Tauro-Cholsäure, vorkommen. Diese begünstigt das Wachstum von *Bilophila wadsworthia*, das pro-inflammatorisch wirkt (Blaut 2015; Devkota, Chang 2015).

Adipositas und metabolisches Syndrom

Zentrales Element des metabolischen Syndroms ist die Insulinresistenz. Sie führt dazu, dass Glukose nicht oder verzögert in die Zellen gelangt und deshalb länger in der Blutbahn verbleibt. Eine Forschergruppe aus Belgien sieht ein Übermaß an gram-negativen Bakterien als eine der Ursachen von Insulinresistenz (Cani, Everard 2016). Gram-negative Bakterien enthalten in ihrer Zellwand Lipopolysaccharide. Diese werden freigesetzt, wenn die Bakterienzellen absterben. Gelangen Lipopolysaccharide durch die Darmbarriere ins Blut, binden sie an bestimmte Rezeptoren von Immunzellen und lösen einen Entzündungsprozess aus, der letztlich zur Insulinresistenz führt (Scheithauer 2016). Neben einer Überzahl an gram-negativen Bakterien ist vermutlich auch die Darmbarriere gestört, so dass größere Mengen an Lipopolysacchariden in die Blutbahn gelangen können. Dazu passt die Beobachtung, dass übergewichtige Personen geringere Anteile von *Akkermansia muciniphila*-Bakterien aufwiesen (Schneeberger et al. 2015). Diese leben in der obersten Mucusschicht und regen die Panethzellen an, Schleim zu bilden. Sie verstärken die Schleimschicht und damit die Darmbarriere.

Übersicht 5: Merkmale einer gesunden/ungesunden Mikrobiota (Groeneveld 2017)



Verhalten

Neurowissenschaftler gehen heute davon aus, dass die Mikrobiota Teil des unbewussten Systems ist, das menschliches Verhalten steuert (Dinan et al. 2015; Enck et al. 2017). Mikroben bilden eine Vielzahl biologisch aktiver Substanzen, darunter auch Neurotransmitter wie Acetylcholin, Serotonin, Nordadrenalin, Dopamin und GABA (Gamma-Aminobuttersäure). Diese Signalstoffe gelangen via Blutkreislauf, Immun- und Nervensystem in den gesamten Organismus und beeinflussen auch das Gehirn. In diesem Zusammenhang spricht man von der „Darm-Hirn-Achse“, der direkten Verbindung zwischen „Kopf und Bauch“. Wie vergleichende Untersuchungen an Labortieren zeigen, reagieren keimfrei aufgezogene Tiere anders auf Stress und zeigen ein verändertes sozial- und angstbezogenes Verhalten (Dinan et al. 2015). Studien am Tierrmodell belegen, dass auch die Gehirnentwicklung nach der Geburt durch die Mikrobiota beeinflusst wird, unter anderem über eine Modulation des Aufbaus der Myelinscheiden, die die Nervenfasern im Gehirn umhüllen (Hoban et al. 2016). Forscher vermuten deshalb, dass einige psychische Erkrankungen wie Autismus, Angststörungen und Depressionen sowie Parkinson im Zusammenhang mit der Mikrobiota stehen (Mayer et al. 2015).

Merkmale einer „gesunden“ Mikrobiota

Noch ist die Forschung weit davon entfernt zu wissen, wie eine gesunde Mikrobiota aussieht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Darmmikrobiota ein Ökosystem ist, das sich ständig verändert. Es ist in seinem Urzustand schwer zugänglich. Gleichzeitig ist die metabolische Aktivität der Mikroorganismen äußerst variabel. Die meisten Studien beruhen auf Analysen der Faeces und repräsentieren deshalb vor allem die Situation im unteren Dickdarm. Die Mikrobiota des oberen Kolons und des Dünndarms ist bislang kaum erforscht. Dennoch lassen sich einige Merkmale einer „gesunden“ Mikrobiota ableiten (**Übersicht 5**). Hier überwiegen die protektiven Bakterienarten, „schädliche“ Mikroben kommen nur in geringem Umfang vor. Ungünstig sind zum

Glossar	
Begriff	Erklärung
Defensine	körpereigene, antimikrobielle Proteine, die von Panethzellen gebildet werden und Bakterien „auf Abstand“ von der Darmschleimhaut halten
Tight-junctions	Membranproteine, die die Zwischenräume zwischen den Epithelzellen verschließen
Gram-negativ	Unterscheidungsmerkmal für Bakterien aufgrund des Verhaltens bei der Gramfärbung, nehmen keine Farbstoffkomplexe an; dazu zählen etwa die Proteobakterien (u. a. E. coli, Salmonellen)
Gram-positiv	Bakterien nehmen Farbstoffkomplexe an; dazu zählen u. a. fast alle Arten der Firmicutes wie Streptococcus, Clostridium, Lactobacillus
Intestinale Mikrobiota	Gesamtheit der Bakterien im Gastrointestinaltrakt, früher als Darmflora bezeichnet
Mikrobiom	umfasst die Bakterien inklusive ihrer genetischen Ausstattung
Pathobiont	(Mikro-)Organismus, der unter bestimmten Umständen gefährlich werden kann
Zytokine/ Cytokine	Zytokine sind Peptide, die Wachstum und Differenzierung von Zellen regulieren. Einige Zytokine werden entsprechend als Wachstumsfaktoren bezeichnet, andere spielen eine wichtige Rolle im Immunsystem und bei Entzündungsprozessen (pro- oder antiinflammatorisch) und heißen dann Mediatoren. Man unterscheidet heute fünf Hauptgruppen von Zytokinen: Interferone, Interleukine, kolonie-stimulierende Faktoren, Tumornekrosefaktoren und Chemokine.

Beispiel gram-negative Bakterienarten, die in ihrer Zellwand Lipopolysaccharide aufweisen und pro-inflammatorisch wirken. Auch proteolytische und Gallensäure-liebende Bakterienarten gelten als ungünstig, weil sie die Darmbarriere schwächen und Entzündungen auslösen (Scheithauer et al. 2016; Devkota, Chang 2015).

Protektiv wirken Bakterienarten, die die Darmbarriere stabilisieren und keine Toxine bilden. Das sind überwiegend gram-positive Bakterien, die Ballaststoffe abbauen und daraus kurzkettige Fettsäuren wie Acetat, Propionat und Butyrat bilden (z. B. Bifidobakterien, *Eubacterium rectale*, *Roseburia ssp.* und *Faecalibacterium prausnitzii*).

Fazit

Alle Körperoberflächen des Menschen sind dicht mit Mikroben besiedelt. Nur wenn die Mikrobiota im Gleichgewicht ist, ist der Mensch gesund. Änderungen der Zusammensetzung und metabolischen Aktivität der Mikrobiota können die Entstehung von Erkrankungen wie Diabetes und chronisch-entzündliche Darmerkrankungen begünstigen. Als Ursache für die Entwicklung einer Dysbiose rückt die Ernährung immer stärker in den Fokus der Wissenschaft, denn das Nahrungsangebot steuert das Vorkommen und die Stoffwechselaktivität der Bakterien im Darm. In der Ernährungswissenschaft zeichnet sich des-

halb ein Paradigmenwechsel ab. Es reicht nicht mehr aus, alleine die Zusammenhänge zwischen der Ernährung und dem Stoffwechsel des Menschen zu betrachten. Künftig muss auch die Mikrobiota als wichtiger Einflussfaktor in dieses System einbezogen werden.

Der erste Teil dieser Artikelserie beschreibt die Zusammenhänge zwischen Mikrobiom und Gesundheit. Der zweite Teil wird sich mit den Einflüssen der Ernährung auf die mikrobielle Gemeinschaft im Darm befassen. ■

>> Die Literaturliste finden Sie im Internet unter „Literaturverzeichnisse“ als kostenfreie pdf-Datei. <<



DIE AUTORIN

Dr. Maïke Groeneveld ist Diplom-Oecotrophologin, Ernährungsberaterin VDOE mit eigener Praxis für Ernährungsberatung, außerdem Autorin und Dozentin.

Dr. Maïke Groeneveld
Kaiserstraße 99
53113 Bonn
mail@maïke-groeneveld.de
www.maïke-groeneveld.de