

# DAS MIKROBIOM

Vielseitige Darmflora

## **Virobiom**

Nützliche Bakterienkiller

## **Psyche**

Winzige Stimmungsmacher

## **Medikamente**

Darmbewohner mit Risiken  
und Nebenwirkungen





Michaela Maya-Mrschtik  
E-Mail: [michaela.maya-mrschtik@spektrum.de](mailto:michaela.maya-mrschtik@spektrum.de)

## Liebe Lesende,

Sie sind in Ihrem Körper nicht allein. Genau genommen haben Sie sogar Billionen von winzigen Mitbewohnern. Diese Mikroben leben, vermehren sich und sterben in ganz bestimmten Nischen Ihres Körpers, allem voran dem Darm. Und was sie dort tun, wirkt sich auch auf Sie, ihren Wirt, aus. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler decken zunehmend auf, wie die in uns heimischen Bakterien, Pilze und Viren Körperfunktionen sowie Psyche beeinflussen und mitunter zur Entstehung von Krankheiten beitragen. Ein paar aktuelle Erkenntnisse fasst dieses Kompakt zusammen.

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

*Michaela Maya-Mrschtik*

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 28.02.2022

Folgen Sie uns:



**CHEFREDAKTION:** Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

**REDAKTIONSLEITUNG:** Alina Schadwinkel (Digital),  
Hartwig Hanser (Print)

**CREATIVE DIRECTOR:** Marc Grove

**LAYOUT:** Oliver Gabriel, Marina Männle

**SCHLUSSREDAKTION:** Christina Meyberg (Ltg.),  
Sigrid Spies, Katharina Werle

**BILDREDAKTION:** Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

**REDAKTION:** Antje Findekle, Dr. Michaela Maya-Mrschtik

**VERLAG:** Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,  
Tiergartenstr. 15-17, 69121 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600,  
Fax: 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114,  
USt-IdNr.: DE229038528

**GESCHÄFTSLEITUNG:** Markus Bossle

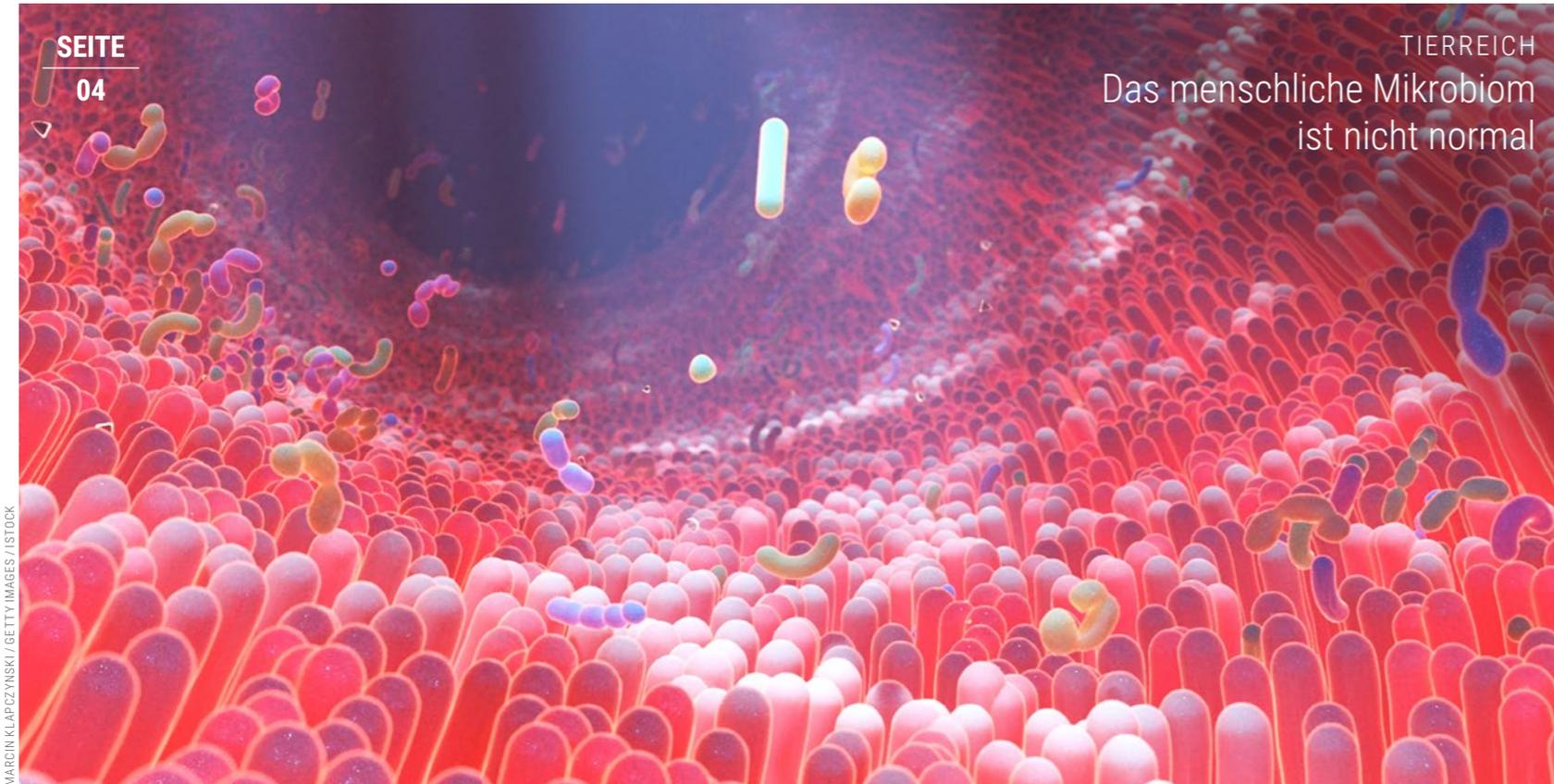
**MARKETING UND VERTRIEB:** Annette Baumbusch (Ltg.),  
Michaela Knappe (Digital)

**LESER- UND BESTELLSERVICE:** Helga Emmerich, Sabine Häusser,  
Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: [service@spektrum.de](mailto:service@spektrum.de)

**BEZUGSPREIS:** Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer

**ANZEIGEN:** Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an [anzeigen@spektrum.de](mailto:anzeigen@spektrum.de).

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2022 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.



- 04 TIERREICH  
Das menschliche Mikrobiom ist  
nicht normal
- 12 ÖKOSYSTEM DARM  
Bedrohte Vielfalt
- 20 GERONTOLOGIE  
Alternde Darmflora
- 24 WIRKSAMKEIT VON MEDIKAMENTEN  
Mikrobiom mit Risiken  
und Nebenwirkungen
- 29 LEISTUNGSFÄHIGKEIT  
Fitter Darm, fitte Sportler
- 37 DARM-HIRN-ACHSE  
Krankmacher im Bauch
- 45 PSYCHE  
Winzige Stimmungsmacher
- 51 PROBIOTIKA  
»Ein Jogurt heilt keine Depression«
- 56 ORALES MIKROBIOM  
Wie Mundbakterien die Gesundheit  
beeinflussen
- 64 VIROBIOM  
Nützliche Bakterienkiller
- 74 BAKTERIOPHAGEN  
Der Darm beherbergt zehntausende  
unbekannte Virenarten

TIERREICH

# DAS MENSCHLICHE MIKROBIOM IST NICHT NORMAL

von Jordana Cepelewicz



Um gesund zu bleiben, brauchen wir die Hilfe der Mikroben in unserem Darm. Doch vielleicht sind solche Gemeinschaften in der Natur eher die Ausnahme als die Regel.

**I**m Sommer 2011 begab sich der Mikrobiologe Jon Sanders, damals noch Doktorand, zum zweiten Mal in zwei Jahren in den tropischen Regenwald Perus. Wie jedes Mal galt es, 27 Kilogramm Laborausrüstung flussaufwärts den Amazonas entlangzuschleppen: ein sperriges Fluoreszenzmikroskop sowie den Generator, der es antreibt. An der abgelegenen Beobachtungsstelle begann der Biologe, so viele verschiedene Ameisen wie möglich zu fangen. Er wollte unbedingt herausfinden, welche Mikroben ihre Eingeweide bevölkerten.

Bei einigen Ameisenarten sah er »eine erstaunlich dicht gepackte Wolke«. »Es war wie eine Galaxie von Mikroben«, sagt er. Genau das, was man erwarten würde,

wenn man bedenkt, wie sehr wir und viele andere Tiere auf die Billionen Bakterien in uns angewiesen sind. Sie helfen uns, Nahrungsmittel zu verarbeiten, die wir sonst nicht verdauen könnten, versorgen uns mit wichtigen Nährstoffen und trainieren unser Immunsystem. Das Mikrobiom ist so wichtig für unsere Gesundheit und unser Überleben, dass manche Forscher es sogar für sinnvoll halten, sich Tiere als die Summe ihrer mikrobiellen Teile vorzustellen.

Als Sanders sich allerdings den restlichen zwei Dritteln der von ihm gesammelten Kolonien und Arten zuwandte, erlebte er eine Überraschung. In ihrem Darm fanden sich kaum Zellen, die man leicht als Bakterien identifizieren konnte. Nahrung, Rückstände, Zellen aus der Darmschleimhaut der Insekten – all das war vorhanden. Nach Mikroben, die an den so selbstverständlich scheinenden

»Wenn man genauer darüber nachdenkt, gibt es viele Gründe, kein Mikrobiom zu haben«

(Deepa Agashe)

symbiotischen Beziehungen beteiligt sein könnten, suchte er vergeblich.

Seit sich die technischen Möglichkeiten zur Untersuchung mikrobieller Gemeinschaften verbessert haben, wird allmählich klar, dass das Mikrobiom im Tierreich bei Weitem nicht so allgegenwärtig und wichtig ist, wie es oft dargestellt wird. Viele Tiere pflegen offenbar flexiblere oder weniger stabile Beziehungen zu Mikroben; einige scheinen sich überhaupt nicht auf sie zu verlassen. Ironischerweise sind es aber genau diese Tiere, die den Wissenschaftlern jetzt neue Einblicke in das Rätsel bescheren, wie und warum sich das Mikrobiom entwickelte – das differenzierte Gleichgewicht von Für und Wider, das den Kern seiner Bedeutung ausmacht.

### **Die verschwundenen Mikroben**

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts deckten Biologen erstmals faszinierende Beziehungen zwischen komplexen Organismen und ihren Mikroben auf: in Röhrenwürmern, die weder Mund noch Anus noch Darm hatten. Und in Termiten, die sich von zähen, holzigen Pflanzen ernährten. Auch bei Kühen, deren graslas-



TOBIN HAMMER, UNIVERSITY OF TEXAS

tige Ernährung Eiweiße vermissen lässt, entdeckten sie mikrobiellen Beistand. Solche Beobachtungen sorgten für Aufregung und boten Anlass zu weiteren Experimenten. Wenn ein Tier über keinerlei mikrobielle Helfer verfügte, galt das zu dieser Zeit als nicht besonders überraschend oder interessant. Derlei Erkenntnisse ernteten in Fachkreisen oft nicht mehr als ein kurzes Nicken. Selbst als man erkannte, dass sie vielleicht mehr

**TOBIN HAMMER | Der Ökologe und Evolutionsbiologe war überrascht, als er feststellte, dass die Eingeweide von Raupen praktisch keine bakterielle DNA enthalten.**

verdienten – etwa, als Wissenschaftler 1978 in »Science« berichteten, dass winzige Holz fressende Krebse im Gegensatz zu Termiten keine stabile Population von Darmbakterien hatten –, verschwanden solche Ergebnisse meist vom Radar.

Und so begann sich still und leise eine neue Norm zu etablieren. Man ging davon aus, dass jedes Tier Bakterien braucht, um zu überleben. Einige Wissenschaftler widersprachen dieser starken Vereinfachung: Bereits 1953 drückte Paul Buchner, einer der Begründer der Symbioseforschung, seinen Frust darüber aus: »Immer und immer wieder gibt es Autoren, die darauf bestehen, dass die Endosymbiose ein elementares Prinzip aller Organismen ist«, klagte er. Gegenbeispiele ertranken in der Flut von Studien über die Bedeutung von Wirt-Mikroben-Beziehungen, insbesondere solchen, die Verbindungen zwischen unserer Gesundheit und unserem Mikrobiom herstellten.

Aber das menschliche Vorbild ist kein gutes Modell dafür, was in zahlreichen anderen Arten – von Raupen über Sägefische bis hin zu Vögeln und vielleicht sogar Pandas – vor sich geht. Diese Tiere haben kaum Mikroben in sich, das Zu-

sammenleben ist nur vorübergehend und schwer vorhersagbar, und sie tragen kaum zum Wohlergehen ihres Wirts bei, wenn überhaupt.

Diese vorübergehende, fast nicht existente Beziehung zu Bakterien sah Sanders in tropischen Ameisen. Er brachte die gesammelten Proben zurück in sein Labor, wo er das bakterielle Erbgut der Insekten sequenzierte und die Anzahl der vorhandenen Mikroben bestimmte. Die Ameisenarten mit den wolkenartig dichten, spezialisierten Mikrobiomen trugen in ihren Eingeweiden etwa 10000-mal mehr Bakterien als die vielen anderen Arten, die er gefangen hatte. Würde man die Ameisen auf menschliche Größe skalieren, sagt Sanders, trügen einige von ihnen ein Pfund Mikroben in sich. Das ähnelt der Menge, die ein Mensch beherbergt. Das Mikrobiom anderer Ameisenarten wöge hingegen nur so viel wie eine Kaffeebohne.

Dieser Unterschied, über den er 2017 in der Fachzeitschrift »Integrative & Comparative Biology« berichtete, schien mit der Ernährung zusammenzuhängen: Ausschließlich Pflanzen fressende, baumbewohnende Ameisen hatten mit größe-

»Die Evolution ist eigenwillig und unberechenbar, sie verläuft bei verschiedenen Organismen auf völlig unterschiedlichen Wegen«

(Jon Sanders)