

**HEYNE <**



SUSANNE THIELE

ZU RISIKEN UND  
NEBENWIRKUNGEN  
FRAGEN SIE IHRE  
TÜRKLINKE

**Wie Mikroben unseren Alltag bestimmen –  
Neues und Erstaunliches über unsere  
vielseitigen Mitbewohner**

Illustrationen im Innenteil von Isabel Klett

WILHELM HEYNE VERLAG  
MÜNCHEN

Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten,  
so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung,  
da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf deren Stand  
zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.



Verlagsgruppe Random House FSC® N001967

Originalausgabe 2/2019

Copyright © 2019 by Wilhelm Heyne Verlag, München,  
in der Verlagsgruppe Random House GmbH,

Neumarkter Straße 28, 81673 München

Redaktion: Dr. Michael Schmidt

Umschlaggestaltung: Martina Eisele, Eisele Grafik Design

unter Verwendung eines Motives von:

Bigstock/Hvostik; Shutterstock/Ivan\_Nikulin

Satz: Satzwerk Huber, Germering

Druck: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

ISBN: 978-3-453-60487-2

[www.heyne.de](http://www.heyne.de)

# INHALT

Ein paar Worte vorweg . . . . . 10

## Erster Teil

UNSICHTBARE WELTEN . . . . . 13

1 Ein Planet der Mikroben. . . . . 14

Was sind Mikroben? 15 • Small, small World – ein unsichtbarer Mikrokosmos 16 • Latein für Keime 18 • Haben Bakterien Sex? 19 • Happy Birthday, Leben! 22 • Überall Bakterien – vom Anfang bis zum Ende 25 • Der Mensch – ein Klecks in einer mikrobiellen Welt 27 • Rekordverdächtige Mikroben 29 • Kooperation ist alles 32

2 Gute Mikroben, böse Mikroben. . . . . 35

Mikrobenjäger – unsere Angst vor Keimen 38 • Lernende Immunzellen 42 • Verlorene Freunde – wie unsere Mikrobiome verarmen 46 • Generation Keimfrei – die Erfindung der Allergie 50

3 Letzte Wildnis in unseren Häusern . . . . . 55

Das große Krabbeln – wer hat die Macht in unserer Wohnung? 57 • Sie sind nicht allein – Ihre persönliche Mikrowolke 60

## Zweiter Teil

### UNSER HEIMISCHER MIKROBENZOO . . . . . 67

#### 1 Unser Tor zur Welt – Haustür und Flur . . . . . 68

Blinde Passagiere auf Türklinken 69 • Pumps, Sneakers & Co. – Keime auf leisen Sohlen 75 • Auf der Suche nach dem Geheimnis der Käsefüße 78 • Der Mikrokosmos in unseren Handtaschen und Einkaufsbeuteln 82 • Dirty Money – Taler, Taler, du musst wandern 85

#### 2 Die Küche – von Schwämmen und Schneidbrettern . . . . 92

Verkehrsregeln auf der Arbeitsplatte 95 • Spülbürsten, Schwämme und Schwammtücher 97 • Warum Geflügel nicht geduscht wird 100 • Coole Keime im Kühlschrank 102 • Freundliche Mikroben auf Grünzeug 105 • Gute Keime aus der Wasserleitung 109 • Kaffee liebende Bakterien 112 • Natürliches Aufräumkommando im Bioeimer 115

#### 3 Wohnzimmer – von Teppichvölkern und TV-Mikroben . . . . 120

Wer kuschelt auf dem Sofa mit mir? 121 • Grippe beim Zappen – TV liebende Bakterien und Viren 125 • Hilfe, der Teppich lebt! Bakterienkarussell im Staubsauger 132 • Grüne Zimmerpflanzen – prima Klima mit guten Mikroben 134

#### 4 Homeoffice – fleißige Mikrogesellen auf Computer und Handy . . . . . 141

Winzige Kollegen auf Tasten und PC-Mäusen 143 • Smartphone – jedes Handy erzählt eine Geschichte 146

5 Expedition im Badezimmer. . . . . 151

Von der Latrine zum Wellnessstempel 151 • Mikrobenparadies im modernen Bad 153 • Nichts ist so sauber wie eine Toilette? 155 • In der Dusche – Bakterien im Nebel 160 • Tückische Legionellen 163 • Badematten und Handtücher mit Eigenleben 167 • Lady in Pink – schimmeliges Leben in der Fuge 170 • Beauty-Mikroben – Keime, die Cremes und Bürsten mögen 173 • Alles clean mit Seife? 176 • Haariges: Bewohner in Zahnbürsten und anderen Borsten 178

6 Im Schlafzimmer – wer schläft denn da mit mir? . . . . . 183

Regenwald in der Matratze 187 • Allerhand los im Kopfkissen! 193 • Schlafen wie Marilyn – mit oder ohne Pyjama? 196

7 Mikrobenzoo im Kinderzimmer . . . . . 200

Baby an Bord – Nestschutz und erste Freunde 203 • Hausstaub unter der Lupe – von Krabbelrobotern und Babybetten 204 • Boxenstopp am Wickeltisch 207 • Schnuller – abkochen oder nicht? 212 • Teddybär, Plastikauto und Quetscheentchen – Spielzeug als Shuttle für Keime & Co. 214

8 Hund und Katz – zu Hause mit Stubentiger & Co. . . . . 223

Bello als Mikroben-Lieferdienst 224 • Wohngemeinschaft mit Stubentiger 231 • Mit Hund und Katz ins Bett? 237

Dritter Teil

SCHÖNER WOHNEN MIT MIKROBEN . . . . . 239

1 Mit »guten« Keimen leben . . . . . 240

Wie Häuser unsere Mikrobiome formen 241 • Wie uns unsere Heime gesünder machen könnten 242 • Die Welt von morgen ist mikrobiell 246 • Herzlich willkommen, ihr Keime! 249

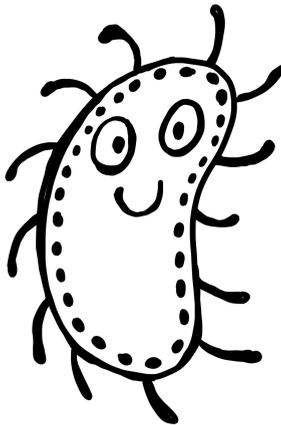
2 Ein paar letzte Worte . . . . .	251
Werden Sie Mikrobienliebhaber! 252	
Dank . . . . .	254
Literatur . . . . .	255

»We shape our homes and  
then our homes shape us.«  
(Wir formen unsere Häuser und  
danach formen unsere Häuser uns.)

*Winston Churchill*<sup>1</sup>

»We are a touch generation.  
We are sharing more surfaces  
than people ever have in history.«  
(Wir sind eine Touch-Generation.  
Wir teilen uns mehr Oberflächen,  
als es die Menschen je getan haben.)

*Charles Gerba, Mikrobiologe*<sup>2</sup>



## EIN PAAR WORTE VORWEG

Mögen Sie Mikroben? Oder lässt Sie allein schon der Gedanke an solche winzigen Lebensformen zur Desinfektionsflasche greifen? Bakterien, Pilze, Viren & Co. – diese ganze Mikrobenschar hat ein furchtbar schlechtes Image. Tägliche Nachrichten über Epidemien und abscheuliche Krankheiten machen Mikroben zu unseren Angstgegnern. Jedes Kind wächst mit den Geschichten von den zerstörerischen Zahntrollen Karius und Baktus auf. Ganze Heerscharen von Mikrobenjägern sind zum Kampf gegen die Bakterien angetreten. Koch, Pasteur oder Virchow konnten wichtige Etappensiege im Wettrennen mit den Erregern erzielen. Trotzdem sitzt unsere Angst vor Keimen immer noch so tief, auch wenn Pest und Cholera Europa schon lange nicht mehr heimsuchen.

Die meisten von uns sind heute sehr gut über krank machende Erreger informiert. Hygiene wird großgeschrieben. Selbst Privathaushalte rüsten zur Schlacht gegen Mikroben auf, und manche sind sogar keimärmer als ein OP-Saal! Moderne Waffen wie Desinfektions- und Badewannenspray töten alles, was da kriecht und flucht – frei nach dem Motto »Nur eine tote Mikrobe ist eine gute Mikrobe«. »Antibakteriell« klingt für die meisten Menschen positiv. Gern greifen sie nach den so beworbenen Seifen, Hautlotionen und Reinigungsmitteln. Haben die meisten Haushalte nicht eher ein Problem mit Mehlmotten als mit Keimen?

Mikroben haben wunderbare Eigenschaften. Sie sind die kleinste und erfolgreichste Lebensform auf der Erde und besiedeln die unwirtlichsten Lebensräume. Sie sorgen für eine

ordentliche Verdauung in unserem Darm und räumen die Umwelt auf, indem sie organische Substanzen verwerten und Abwasser reinigen. Viele Bakterien und Pilze machen Lebensmittel erst schmackhaft und haltbar. Joghurt, Käse oder Bier gäbe es nicht ohne unsere mikrobiellen Helfer. Sind Sie aber trotzdem der Meinung, Badezimmer, Küche, Kühlschrank und Spüle sollten immer völlig keimfrei sein?

Erst in den letzten zehn Jahren hat sich unsere Einstellung zu Mikroben gewandelt. Seit Wissenschaftler das menschliche Mikrobiom, vor allem im Darm, erforschen, rückt die positive Beziehung zwischen uns und unseren winzigen Mitbewohnern immer mehr in den Vordergrund. Und das Interesse an den Mensch-Mikroben-Wechselwirkungen steigt. Seit 2014 gibt es den ersten Mikrobenzoo »Micropia« in Amsterdam, wo sich große und kleine Besucher den faszinierenden Mikrokosmos näher anschauen können – vor Jahrzehnten noch unvorstellbar. Im Mai 2017 hatte ich Gelegenheit, »Micropia« mit meiner Familie zu erkunden – sozusagen auf Recherche vor Ort. Eine der Inspirationen für dieses Buch fand ich in einer mannshohen meterlangen Leuchtwand, die über und über mit Petrischalen in den unterschiedlichsten Farben bedeckt war – bewachsen mit Mikroorganismen aus unserem täglichen Leben: mit Bakterien, die auf unseren Zahnbürsten sitzen, von Türklinken grüßen oder in unserem Staubsauger hausen, mit Schimmelpilzen, die mit uns duschen oder abends mit uns ins Bett schlüpfen. Die bunte Artenvielfalt unserer alltäglichen Begleiter ist unglaublich. Die Forscher kennen bisher nur einen Bruchteil der um uns herum lebenden Mikroorganismen und wissen oft auch nicht genau, wie diese winzigen Lebewesen in ihrem Ökosystem funktionieren.

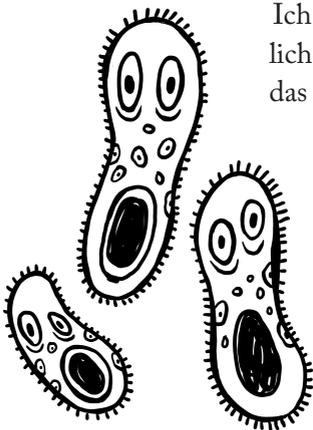
Mikroorganismen also sind allgegenwärtig in unserem Leben. Absolute Keimfreiheit gibt es unter normalen Umständen nicht. Sie ist auch gar nicht nötig. Ich kann Sie jetzt schon beruhigen: Nur die allerwenigsten im Haushalt vorkommenden Keime

führen zu Infektionen. Natürlich gibt es ein paar schwarze Schafe. Es sind aber nur 0,1 Prozent der mikrobiellen Arten auf der Erde, die überhaupt Infektionen beim Menschen verursachen können. Die Mehrheit der unzähligen Mikroben in unserer Umwelt schadet uns nicht. Die Winzlinge bereichern sogar Ihr Leben.

Werfen Sie in diesem Buch gemeinsam mit mir einen mikroskopischen Blick auf einen unsichtbaren Mikrokosmos in Ihrem Zuhause! Im ersten Teil mache ich Sie mit der Mikrowelt bekannt – sie ist voller wogender Flagellen, blubbernder Gase und einiger rekordverdächtiger Mikroorganismen. Wir gehen unserer historisch begründeten Angst vor Keimen auf den Grund und klären, warum Mikroben so lebenswichtig für uns sind. Sie erfahren, wer im Laufe der Geschichte mit uns in unsere Häuser eingezogen ist und sich prächtig mit uns weiterentwickelt.

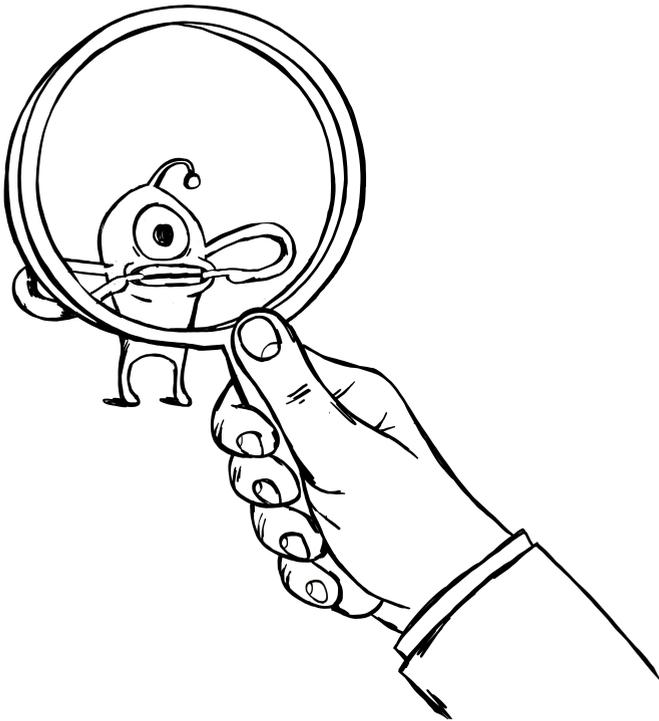
Mit diesem Rüstzeug gehen wir im zweiten Teil auf eine Expedition durch den heimischen Mikrobenzoo: Wir beginnen im Flur, durchwandern Küche, Bad, Wohn- und Schlafzimmer und enden im Kinderzimmer. Auch unsere tierischen Familienmitglieder – Hund und Katze inklusive ihrer mikrobiellen Gäste werden Thema sein. Bei der Tour durch Ihr Heim lernen Sie Ihre kleinen Mitbewohner besser kennen und werden viel Neues darüber erfahren, wie Sie gesund mit ihnen leben können.

Ich lade Sie herzlich ein zu einer abenteuerlichen Reise durch Ihr Zuhause und durch das Reich der kleinsten und doch so mächtigen Kreaturen. Treten Sie ein in diese unsichtbare Welt, und erleben Sie fantastische Geschichten mit einzelligen Helden in den Hauptrollen. Erwarteten Sie interessante Anekdoten und Überraschungen. Starten wir direkt von Ihrem Sofa aus!

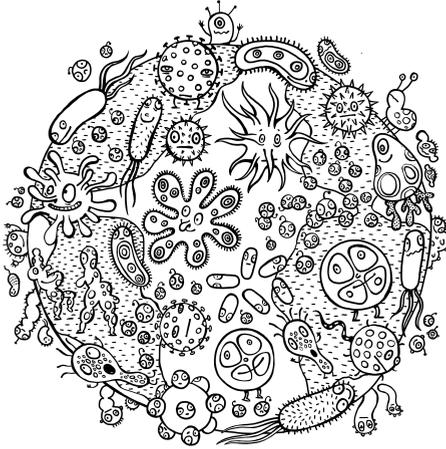


Erster Teil

# UNSICHTBARE WELTEN



# 1 EIN PLANET DER MIKROBEN

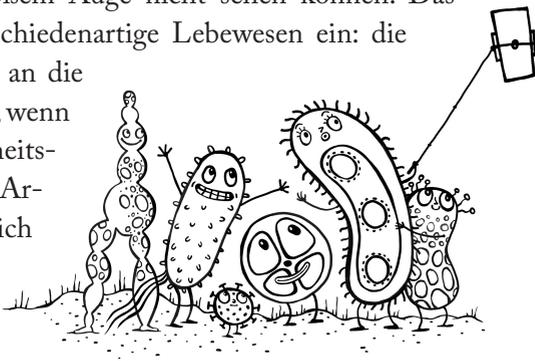


Wir leben in einer Welt der Mikroben. Sie sind uns fremd, weil wir sie nicht sehen können und sie sich damit unserer Vorstellung entziehen. Wir können sie aber riechen und schmecken – und sie wohnen in uns und in unserer Umgebung. Fast alles auf diesem Planeten dreht sich um diese Winzlinge. Denn sie waren schon lange vor uns da, und sie beeinflussen fast jeden Vorgang auf der Erde.

Bevor ich Ihnen ein paar Geschichten über Mikroben in Ihrem Zuhause erzähle, möchte ich Sie noch ein wenig auf die Expedition in diesen Mikrokosmos in einem kleinen Schnellkurs »Was Sie schon immer über Mikroben wissen wollten« vorbereiten. Und das ist viel spannender, als Sie vielleicht glauben.

## Was sind Mikroben?

Und schon geht es mit einer Begriffsdefinition los: Was ist überhaupt eine Mikrobe? Wissenschaftlich gesehen ist das ein unscharfer Begriff, denn wir verwenden ihn für jedes kleine Lebewesen, das wir mit bloßem Auge nicht sehen können. Das schließt viele ganz verschiedenartige Lebewesen ein: die Bakterien (die Gruppe, an die wir meist zuerst denken, wenn wir das Wort »Krankheitskeime« hören), die Archaeen (die oberflächlich den Bakterien ähneln, aber eigentlich ganz anders sind), niedere Pilze (wie die



Hefen) und Protisten (primitive Algen, Amöben, Schleimpilze und Protozoen). Auch Viren werden oft zu den Mikroben gezählt.

Mikroben sind einzellige Lebewesen – anders als Menschen oder auch Flöhe, die aus verschiedenen Zelltypen aufgebaut sind, die zusammenarbeiten und zum Überleben aufeinander angewiesen sind: Vereinzelte Gehirnzellen, Leberzellen oder Herzzellen sind allein zu nichts zu gebrauchen. Eine einzelne Mikrobenzelle dagegen ist ein eigenständiges Lebewesen, das ohne die Hilfe anderer Zellen überleben und sich fortpflanzen kann.<sup>3</sup> Weil der Begriff »Mikroorganismen«, den Sie bestimmt auch schon gehört haben, im engeren Sinne nur die Bakterien bezeichnet, verwende ich überwiegend den Sammelbegriff Mikrobe, ob wir nun von Bakterien, Viren oder Pilzen sprechen.

Manche Bakterien sind unheimlich faul und rühren sich nicht von der Stelle, andere bewegen sich mithilfe eines kleinen eingebauten »Bakterien-Motors« aus fadenförmigen Geißeln und Flagellen mit traumhafter Geschwindigkeit durch Gewässer oder

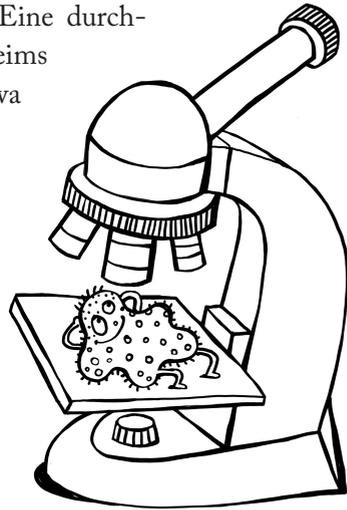
Nährlösungen. Und es gibt Bakterien natürlich in allen Formen: kugelförmig, als Stäbchen oder Spirale oder manchmal sogar quadratisch wie das halophile (salzliebende) Bakterium *Haloquadratum walsbyi*. Es misst 40 Mikrometer, ist platt wie eine Briefmarke und kann sich dank eingebauter Gasbläschen auf einer Salzlake gemütlich treiben lassen.

Für viele Aktivitäten müssen Bakterien und andere Mikroben auch miteinander kommunizieren – natürlich anders als wir. Sie produzieren winzige Signalmoleküle, die ihre Nachbarn in der Umgebung wahrnehmen können. Abgeleitet vom römischen »Quorum« (bestimmte Anzahl, die zur Abstimmung nötig ist), wird diese Art der Bakteriensprache als »Quorum sensing« bezeichnet: In Versammlungen ist somit eine bestimmte Anzahl von mikrobischen Teilnehmern für eine Entscheidung erforderlich. Dank dieser Kommunikation sind Bakterien sogar zu Handlungen in Gruppen fähig, um zum Beispiel Biofilme zu bilden. Überraschenderweise gibt es viele »Sprachen« in der Bakterienwelt, sogar »Esperanto-Moleküle«, die viele Bakterien verstehen. Entdeckt wurde der Quorum-sensing-Prozess beim Tintenfisch, der ein Leuchtorgan hat, das mit symbiotischen *Vibrio-fischeri*-Bakterien angefüllt ist. Nur wenn genug Bakterien vorhanden sind, entsteht ein Signal unter den Mikroben, und das Organ beginnt zu leuchten – wie eine Taschenlampe.

## **Small, small World – ein unsichtbarer Mikrokosmos**

Die meisten Mikroben sind für unser Auge unsichtbar. Während tierische oder menschliche Zellen eine Größe von bis zu 30 Mikrometern haben, sind Bakterienzellen um ein Vielfaches kleiner. Millionen von ihnen haben sogar auf einer Nadelspitze Platz. Die einzige Bakterienart, die mit bloßem Auge sichtbar ist, ist die Schwefelperle *Thiomargarita namibiensis*, die in den 1990er-Jahren

in Namibia entdeckt wurde. Sie kann bis zu einem halben Millimeter groß werden. Eine durchschnittliche Zelle des Darmkeims *Escherichia coli* (*E. coli*) ist nur etwa zwei Mikrometer lang – erst rund 50000 Zellen ergeben hintereinandergelegt eine Kette um Ihren kleinen Finger.<sup>4</sup> Schon in einem Milliliter Darminhalt können daher mehr Bakterien vorkommen, als es Menschen auf der Erde gibt.



Dass wir von der Welt des Kleinen und Kleinsten überhaupt wissen, haben wir der Erfindung des Mikroskops zu verdanken und einem sehr klugen Mann – Antoni van Leeuwenhoek. Bis 1676 hatten es die Bakterien geschafft, unentdeckt zu bleiben. Aber dann schaute van Leeuwenhoek in jeder freien Minute in seinen selbst gebauten Vergrößerungsapparat und stöberte sie auf. Er war eigentlich kein Biologe, sondern städtischer Beamter und Tuchhändler. Als Autodidakt hatte er sich eine Linsenkonstruktion gebastelt, um die Qualität seiner Stoffe besser beurteilen zu können. Aus Interesse schaute er sich auch andere Dinge an: Wasser aus dem Teich oder seinen Zahnbelag. Die beste Linse, die er schliff, schaffte eine 500-fache Vergrößerung. So entdeckte er die »Animalcules« – ein Gewimmel von tierischen und pflanzlichen Einzellern, aber auch großen Bakterien.

So also wurde eine neue, bisher unsichtbare Welt entdeckt. Die meisten Bakterien haben einen Durchmesser von etwa 0,6 bis 1,0 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) und sind noch mit einem normalen Lichtmikroskop zu sehen. Noch um eine weitere Zehner-Potenz kleiner sind die Viren. In einen hohlen Stecknadelkopf passen bis zu

500 Schnupfenviren, die nur noch unter dem Elektronenmikroskop zu erkennen sind. Die Viren müssen aber sowieso immer eine Extrawurst haben. Sie werden meist gar nicht zu den Lebewesen gezählt, da ihnen jegliche Form der Selbstorganisation und Ernährung fehlt – sie haben gar keinen Stoffwechsel. Viren sind auch viel einfacher gebaut als Bakterien. Eigentlich sind sie nur winzige Kapseln mit etwas Erbinformation drin. Unstrittig ist aber, dass sie unglaublich effizient darin sind, eine Zelle für ihre Vermehrung wie ein Pirat zu kapern und deren komplette Maschinerie umzukrempeln, damit sie letztendlich nur noch kleine Viren produziert. Sie sind eben sehr clevere Kerlchen.

Mikroorganismen sind zwar unfassbar klein, aber dafür unglaublich zahlreich. Allein die Anzahl der Bakterien auf unserer Erde beträgt geschätzt eine Nonillion, eine 10 gefolgt von 30 Nullen – mehr, als es Sterne in der Galaxis gibt. Die Anzahl der Viren ist sogar noch zwei Größenordnungen größer. Ein unglaublicher Fakt ist außerdem, dass alle diese unsichtbaren Mikroorganismen das sichtbare Leben auf der Erde um den Faktor 100 Millionen überwiegen. Zusammen sind sie schwerer als alle Pflanzen und Tiere, die wir sehen können. Allein in den Meeren lebt eine unvorstellbare Anzahl an Arten: Hochrechnungen zufolge kommen Forscher auf 10 hoch 30 Mikrobenzellen. Um das Gewicht der Mikroorganismen allein in den Weltmeeren aufzuwiegen, müssten 240 afrikanische Elefanten auf einer Waage stehen.<sup>5</sup>

## Latein für Keime

Es gibt allein mehr als 12000 bislang bekannte Arten von Bakterien. Darüber hinaus werden täglich neue Mikroorganismen entdeckt. Sie haben sich bestimmt schon gewundert über die komischen Namen, die die Mikrobiologen den Bakterien, Pilzen oder Viren gegeben haben. In der Biologie sprechen die

Wissenschaftler meist Lateinisch – eine universelle Möglichkeit, die Arten auseinanderzuhalten. So heißt der Apfel *Malus domestica*, der Hund *Canis familiaris* oder der Mensch *Homo sapiens*. Auch jedes neu entdeckte Bakterium bekommt einen lateinischen Namen. Meist bezieht er sich auf eine Eigenschaft im Stoffwechsel oder bezeichnet einen Ort, an dem sich die Mikrobe aufhält. So verwandelt zum Beispiel das Stäbchenbakterium *Lactobacillus* den Milchzucker, die Laktose, in Milchsäure, das Laktat. Zuweilen wird im Namen der Entdecker gewürdigt – wie beim Darmkeim *Escherichia coli*, der von Theodor Escherich zuerst beschrieben wurde. Manchmal geht es bei der Namensgebung auch etwas märchenhaft, ja, bizarr zu. So stand Rumpelstilzchen Pate für den Bakteriophagen *Mycobacterium phage Rumpelstilzskin*, ein Virus, das Bakterien den Garaus machen kann. Und *Curvibacter delicatus* ist keineswegs die Pamela Anderson unter den Bakterien – nein, nur ein schwach gekrümmtes Stäbchenbakterium aus Japan.



## Haben Bakterien Sex?

Was tut so eine Mikrobe den ganzen Tag? Sie ist vor allem damit beschäftigt, genügend Energie und Materie zu sammeln, um sich immer wieder durch Teilung zu verdoppeln. Fortpflanzung ist das Lieblingsthema der Winzlinge: Mikroorganismen sind unglaublich vermehrungsfreudig, und das bringt ihnen große Vorteile bei der Eroberung neuer Lebensräume. Aus einer *E. coli*-Zelle können unter Idealbedingungen innerhalb von 20 Minuten zwei Zellen werden. Die Rekordhalter unter den Mikroben bringen in



knapp zehn Minuten eine neue Generation von Nachkommen hervor. Dazu gehört auch *Clostridium perfringens*, der unangenehme Erreger des Wundbrandes, der sich in neun Minuten verdoppeln kann. Bei ausreichender Nährstoffzufuhr ist eine Bakterienzelle in der Lage, an einem einzigen Tag 280 Milliarden Nachkommen zu produzieren, sagt der belgische Biochemiker und Nobelpreisträger Christian de Duve.<sup>6</sup> Eine menschliche Zelle ist dagegen langsam wie eine Schnecke – sie schafft in der gleichen Zeit gerade mal eine Zellteilung.

Niemand ist perfekt, auch nicht Bakterien, und so passiert bei einer von einer Million Zellteilungen natürlich auch mal eine »Fehlproduktion« – eine sogenannte Mutante. Oft hat diese Zelle einfach Pech gehabt – Experimente gehen nicht immer gut aus. Aber manchmal, wenn die Bakterien mit einem nützlichen Vorzug ausgestattet sind, beispielsweise einen neuen Nährstoff verwerten können, geschieht etwas anderes, was ihnen in der Evolution einen unglaublichen Vorteil verschafft: Die Bakterien können diese Informationen und Fähigkeiten untereinander austauschen, von Zelle zu Zelle, und sogar über Artgrenzen hinweg werden diese Stückchen genetischer Information übertragen.

Dass Bakterien auf diese Art auch Sex haben können, ist seit etwa 70 Jahren bekannt – wenn wir dafür den Begriff »Sex« weit genug fassen. 2001 haben amerikanische Forscher Bakterienzellen

mit Hamsterzellen in flagranti erwischt: Die Bakterien hatten Teile ihres Erbguts auf die Tierzellen übertragen, indem sie Eigenschaften über den sogenannten »horizontalen Gentransfer« austauschten.

Viele Bakterien enthalten neben ihrem herkömmlichen ringförmigen Chromosom noch weitere kleine DNA-Ringe, sogenannte Plasmide. Darauf befinden sich häufig Anlagen für Fähigkeiten, die unter besonderen Umweltbedingungen Vorteile bieten – zum Beispiel für Antibiotika-Resistenzen. Um diese Eigenschaften weitergeben zu können, haben Bakterien eine besondere Technik entwickelt: Beim Kontakt mit einer anderen Bakterienzelle können sie das Plasmid verdoppeln, einen schlauchartigen Fortsatz – die »Sex-Pili« – bilden und darüber die Plasmid-DNA übertragen. Dieser »rohrpostartige« Vorgang heißt auch ganz unromantisch »Konjugation«.

So können Bakterien Daten austauschen und schwimmen damit sozusagen in einer Art gemeinsamem Genpool. Jeder Anpassungsvorteil, der gerade sinnvoll erscheint, kann sich überallhin ausbreiten. Stellen Sie sich das einfach so vor: Sie stehen vor einem großen Fluss und bräuchten ein paar Flügel, um ihn zu überqueren. Dann fragen Sie schnell mal bei der entfernten Verwandtschaft an, und zack! könnten Sie fliegen oder grün leuchten oder Fotosynthese betreiben. Damit sind die Bakterien aus genetischer Sicht ein kommunizierender Riesenorganismus – winzig klein, sehr schnell und damit unbesiegbar.

Inzwischen also sind Sie schon richtig fit in der Mikrobiologie, und wir können uns an ein kleines Experiment wagen. Begleiten Sie mich auf eine Zeitreise zu den Anfängen der Erdentwicklung – ohne die Mikroben wäre dieser Planet nicht unsere Erde geworden, und wir Menschen wären gar nicht entstanden.

## Happy Birthday, Leben!

Vor unvorstellbar langer Zeit, vor 3,85 Milliarden Jahren – unser Planet war gerade etwas abgekühlt und hatte eine feste Kruste bekommen –, entstand das erste Leben auf der Erde, und schon da mischten die Mikroben kräftig mit. Es ist bis heute noch eine der großen unbeantworteten Fragen der Biologie, wie das genau funktionierte, dass sich ein paar umherschwirrende Chemikalien zusammenlagerten und plötzlich Proteine – die Bausteine des Lebens – daraus entstanden.

Stellen Sie sich vor, wir könnten gemeinsam mit einer Zeitmaschine reisen, um diesen Moment der Geburt unseres Lebens miterleben. Sie würden unsere heutige Erde nicht wiedererkennen – sie war ein eher ungemütlicher Planet, auf dem von der Sonne nicht viel zu sehen war, wohl eher eine fremdartige Landschaft mit Feuer speienden Vulkanen, einem roten Himmel und einem kupferroten Meer. Ihnen würde auch die Luft knapp, denn Sauerstoff gab es fast noch nicht.

Als Charles Darwin, der Vater der Evolutionslehre, über die Entstehung des Lebens sinnierte, stellte er sich einen warmen



Gezeitentümpel am Meeresstrand unter der gleißenden Sonne vor. In dieser »Ursuppe« wurden seiner Meinung nach alle Bausteine des Lebens wie ein Cocktail gut verrührt und geschüttelt, und es bildete sich neues Leben.

Heute glauben die Forscher zu wissen, dass sich die Anfänge des Lebens in einem brodelnden Inferno abspielten – unter ständigem Meteoriten-Bombardement, extremen Temperaturen, intensiver UV-Strahlung und einer dünnen, mit Methan, Ammoniak und anderen für uns giftigen Gasen angereicherten Atmosphäre. Als die heißesten Kandidaten für den Ursprungsort des Lebens gelten brodelnde Schloten auf dem Meeresboden. In diesen Geysiren, den sogenannten »Schwarzen Rauchern« (»Black Smoker«) im Mittelozeanischen Rücken, waren die organischen Strukturen und neuen Zellen vor der tödlichen ionisierenden Strahlung der Sonne geschützt. Diese Quellen wimmeln auch noch heute vor Leben. Besiedelt sind sie insbesondere von sehr ursprünglichen einzelligen Lebensformen wie den Archaeobakterien, wie die Urbakterien genannt werden, die dort die Basis der Nahrungskette bilden.

Happy Birthday! Sie waren gerade live als Geburtshelfer beim Schöpfungsmoment des Lebens dabei, und ich darf Ihnen Ihren Urahn vorstellen: LUCA. Der Name hat nichts zu tun mit dem bekannten Song von Suzanne Vega, sondern ist die Abkürzung für »last universal common ancestor« – den ersten gemeinsamen Verwandten und Vorfahren aller Lebewesen auf der Erde. Nun seien Sie bitte nicht enttäuscht, dass er nicht so unheimlich spektakulär gebaut ist: ein kleiner Beutel Leben, ein Gebilde aus Membranen und Proteinen, das sich ernähren konnte, sich weiterentwickelte und Nachkommen hervorbrachte. LUCA enthält nicht mehr als etwas RNA (Ribonukleinsäure) als Erbinformation, zusammengehalten durch Zytoplasma, die flüssige Grundsubstanz der Zelle, und bestenfalls eine dünne Membran. Einen Zellkern konnte er sich auch noch nicht leisten. Deshalb werden diese frühen Urbakterien auch als »Prokaryonten« bezeichnet – abgeleitet von der

griechischen Bezeichnung für »bevor« und »Kern«. Alle anderen Lebewesen, auch wir Menschen, haben Zellen mit Zellkernen und gehören zu den Eukaryonten (griechisch für »echt« und »Zellkern«). Doch wir höheren Lebewesen kommen erst viel später ins Spiel!

Die einfachen Urbakterien hatten überhaupt kein Problem damit, jede nur mögliche Nische zu besiedeln. Erst dann liefen sie richtig zur Hochform auf und werden deshalb auch als »extremophil« bezeichnet. Die ersten Bewohner der Erde leben und überleben bis heute an den kältesten und heißesten Orten unserer Erde, an Land und auf See. Die Archaeobakterien unter ihnen gehören zu den noch »extremere« Typen. Sie können sogar in Säure überleben, lieben ätzende Gase oder siedendes Wasser und fühlen sich auf Vulkanen oder am Grund von Sümpfen wohl. Die frühesten Spuren des Lebens fanden Forscher in den ältesten Gesteinen, dem 3,8 Milliarden alten Isua-Serpentinit aus Grönland.

Wer heute anschaulich erleben möchte, unter welchen extremen Bedingungen unser Leben entstanden ist, muss von Deutschland aus etwas reisen. Der Yellowstone Nationalpark oder die isländischen und neuseeländischen Geysir-Landschaften sind die bekanntesten Orte. Aber auch schon in Italien bei Sasso Pisano in der Toskana oder am Solfatara bei Neapel können Sie sie an heißen und nach faulenden Eiern stinkenden Schlamm- und Schwefelquellen finden, die bunten Krusten in Gelb, Rostrot und Giftgrün – schleimige, von Mikroorganismen gebildete Ablagerungen. Der Mikrobiologe Thomas D. Brock von der Indiana University in Bloomington isolierte daraus 1969 ein »thermophiles« (hitzeliebendes) Bakterium, »*Thermus aquaticus*«. Diese Bakterien leben übrigens auch in unseren Heimen, in Geschirrspülmaschinen, Heißwasserbereitern und Waschmaschinen.

## Überall Bakterien – vom Anfang bis zum Ende

Würden wir uns die Erdgeschichte bildlich als 24-Stunden-Tag vorstellen, so wären die Urbakterien die absoluten Frühaufsteher. Schon um 4:30 Uhr ist mit ihnen das erste Leben auf der Erde entstanden. Doch so richtig spannend und vielfältig war es zu dieser Zeit auf der Erde noch nicht. Die ersten einzelligen Mikrotierchen und Algen tauchten erst am Nachmittag gegen 16 Uhr auf. Ab 21 Uhr waren auf der Erdkugel auch einfache Tiere zu finden. Als unsere frühen Vorfahren, die Affen, entstanden, waren es gerade noch etwa 90 Minuten bis Mitternacht. Und wir selbst, die Angehörigen der Gattung *Homo sapiens*, entwickelten uns gerade mal zwei Sekunden vor zwölf.

Wir Menschen haben also bisher nur einen sehr winzigen Teil der Erdgeschichte miterlebt. Es ist kaum zu glauben, aber zwei Milliarden Jahre lang waren die unsichtbaren Mikroorganismen die alleinigen Eigentümer der Erde, und das haben sie auch ordentlich für sich ausgenutzt. Sie schufen unsere Biosphäre und die gesamten wichtigen Kreisläufe von Kohlenstoff, Sauerstoff, Schwefel und Phosphor. Sie bildeten den Boden und den Humus. Und last, but not least schufen sie so ganz nebenbei auch die Basis für die Entwicklung des mehrzelligen Lebens – der Pflanzen und Tiere und von uns.

Irgendwann lernten einzellige Cyanobakterien, umgangssprachlich auch Blaualgen genannt, eine reichliche Ressource auf der Erde anzuzapfen – den Wasserstoff, der im Wasser in ungeheuren Mengen vorkommt –, und gaben den Sauerstoff als Abfallprodukt frei. Die Fotosynthese war zweifellos die wichtigste biochemische Neuerung, und sie wurde nicht von den Pflanzen erfunden, sondern von Bakterien. Der größte Teil des Luftsauerstoffs auf der Erde stammt von Mikroorganismen, unter ihnen die heutigen Formen der Cyanobakterien. Algen und Kleinstlebewesen aus dem Meer blasen jedes Jahr rund 150 Milliarden Kilo davon in die Luft.

Zuerst sammelte sich der neue Sauerstoff noch nicht in der Atmosphäre, sondern verband sich mit Eisen zu Eisenoxid, das auf den Boden der urzeitlichen Meere sank. Mehrere Millionen Jahre rostete unsere Erde buchstäblich vor sich hin.

Nicht für alle damals lebenden Organismen war der Sauerstoff toll – für einige eher eine richtige Katastrophe: Sie waren nicht an ihn angepasst. In einer anaeroben (also sauerstofffreien) Welt wirkte er regelrecht giftig. Die neuen Lebewesen, die den Sauerstoff nutzen konnten, hatten zwei große Vorteile auf ihrer Seite. Er ermöglichte ihnen eine schnellere Energieproduktion und zerstörte gleichzeitig konkurrierende andere Organismen. Auf der Erde gab es nun aerobe Organismen, die Sauerstoff vertrugen, und anaerobe, die Sauerstoff wie der Teufel das Weihwasser mieden. Dazu zogen sie sich in den Schlamm der tiefsten Tümpel zurück, oder sehr viel später auch in unsere Organe wie z.B. Darmbakterien in den Darm. Unzählige Arten schafften die Anpassung nicht und gingen zugrunde.

Rund 40 Prozent der Erdgeschichte mussten vergehen, damit die Atmosphäre der Erde in etwa ihren heutigen Sauerstoffgehalt hatte. Dann entstand aber sehr plötzlich ein neuer Typ von Zellen mit einem Zellkern und anderen kleinen Körperchen, die wir als Organellen bezeichnen (griechisch für kleine Werkzeuge) – die Eukaryonten waren geboren.

Die Organellen wie Mitochondrien und Chloroplasten sind nach heutiger Ansicht übrigens dadurch entstanden, dass ein abenteuerlustiges Bakterium in ein anderes einwanderte oder einfach aufgenommen wurde. Diese Wohngemeinschaft stellte sich später als sehr clever heraus, und beide hatten Vorteile davon. Nach dieser »Endosymbionten-Theorie« entwickelten sich die eingefangenen Bakterien zu Mitochondrien in tierischen Zellen zur Energiegewinnung und bei Pflanzenzellen zu Chloroplasten. Ohne diesen raffinierten Kunstgriff der Evolution wäre das Leben auf der Erde beim Schleim aus einfachen Mikroorganismen geblieben.

Schließlich lernten die Eukaryonten noch ein weiteres großes Kunststück – nämlich sich zu komplizierten, vielzelligen Lebewesen zusammenzulagern. Erst durch diese Neuerung wurden große und komplex gebaute, mit bloßem Auge sichtbare Organismen wie Sie und ich überhaupt möglich.

## Der Mensch – nur ein Klecks in einer mikrobiellen Welt

Nach aktuellen Schätzungen gibt es auf der Erde etwa eine Trillion Arten von Mikroben, und davon sind 99,999 Prozent noch gar nicht entdeckt. Bis zum Beginn der Raumfahrt spielten die Mikroorganismen in den Schulbüchern überhaupt keine Rolle. Das Leben auf der Erde wurde hübsch eingeteilt in zwei Kategorien – Pflanzen und Tiere. Sehr lange ordneten die Biologen die Mikroorganismen den Pflanzen zu, obwohl jeder wusste, dass sie dort nicht hingehörten. Was war der Grund?

Viele Mikroben wachsen einfach nicht im Labor in Petrischalen. Sie vermehren sich nicht, und die Forscher können nichts über sie lernen. Daher haben viele Mikroorganismen bisher keinen Namen, und wir kennen ihre Funktionen und Aufgaben nicht.

Das wurde um 1980 anders, dank einer revolutionären Erfindung von Carl Woese, einem US-amerikanischen Mikrobiologen und Evolutionsbiologen. Er glaubte, dass in den Genen der Bakterien die Verwandtschaftsverhältnisse





Susanne Thiele

## **Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie Ihre Türklinke**

Wie Mikroben unseren Alltag bestimmen – Neues und Erstaunliches über unsere vielseitigen Mitbewohner

ORIGINALAUSGABE

Paperback, Klappenbroschur, 272 Seiten, 13,5 x 20,6 cm  
ISBN: 978-3-453-60487-2

Heyne

Erscheinungstermin: Februar 2019

Schöner wohnen mit Mikroben

Wir können sie nicht sehen und doch leben wir mit Milliarden von ihnen zusammen: Mikroben. Sie bevölkern unser Bad, richten es sich kuschelig in unserem Schlafzimmer ein und lassen es sich in unserer Küche schmecken. Wie wir Bakterien, Viren und Pilze erfolgreich in Schach halten und welche uns und unserer Gesundheit sogar nützen, erzählt die Mikrobiologin Susanne Thiele so fundiert wie unterhaltsam.

Mit vielen Tipps für die richtige Hygiene im Alltag und für ein gesundes Leben mit unseren »Untermieter«.



**Der Titel im Katalog**