PETER WOHLLEBEN

BAKTERIEN DIE HEIMLICHEN HELDEN

Wie sie uns Menschen prägen und die Natur beeinflussen

MALIK

Peter Wohlleben

Bakterien – die heimlichen Helden

PETER WOHLLEBEN

BAKTERIEN
DIE HEIMLICHEN HELDEN

Wie sie uns Menschen prägen und die Natur beeinflussen

MALIK

Mehr über unsere Autorinnen, Autoren und Bücher:
www.malik.de

Wenn Ihnen dieses Buch gefallen hat, schreiben Sie uns unter Nennung des Titels »Bakterien – die heimlichen Helden« an *empfehlungen@piper.de*, und wir empfehlen Ihnen gerne vergleichbare Bücher.

Von Peter Wohlleben liegen bei Malik und Piper vor:
»Bakterien«
»Gebrauchsanweisung für den Wald«

Inhalte fremder Webseiten, auf die in diesem Buch (etwa durch Links) hingewiesen wird, macht sich der Verlag nicht zu eigen.
Eine Haftung dafür übernimmt der Verlag nicht.
Wir behalten uns eine Nutzung des Werks für Text- und Data-Mining im Sinne von § 44b UrhG vor.

Dieses Werk wurde vermittelt durch die Literarische Agentur Kossack.

ISBN 978-3-89029-611-1
© 2026 Piper Verlag GmbH, Georgenstraße 4, 80799 München,
www.piper.de
Für einen direkten Kontakt und Fragen zum Produkt wenden Sie sich bitte an: *info@piper.de*
Redaktion: Margret Trebbe-Plath, Berlin
Illustrationen: Birgit Kohlhaas Buchgestaltung, Lieselotte Schüpferling
Satz: Uhl+Massopust GmbH, Aalen
Gesetzt aus der Minion Pro und der Brandon Text Condensed
Litho: Lorenz & Zeller, Inning am Ammersee
Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck
Printed in Germany

INHALT

Vorwort 8

DIE ERFINDUNG DES LEBENS 13

Gut versteckt 14
Gestatten: Bakterium 20
Unsere Urahnin heißt Luca 33
Sind wir alle Marsianer? 36
Superegoisten 45
Die Wettermacher 53
Am Steuerknüppel 61
Bewusstsein – eine Erfindung der Einzeller? 68
Fifty-fifty ist gelogen 77
Stammesfehden 83
Nicht zu fassen – die Vielfalt des Lebens 90
Die Herrscher der Meere 99
Mit bloßem Auge 106
Mit der Nase 110

WIE BAKTERIEN UNSEREN ALLTAG BESTIMMEN 115

Liebe geht durch den Magen 116
Eine unappetitliche Transplantation 123
Wegelagerer 128
Wie Sie Ihre Bakterien sportlicher machen 133
Unbeliebte Stinker 139
Tägliche Bakteriencocktails 146
Lassen Sie uns über Salmonellen sprechen 159
Tauschbörse 164
Linke Hand, rechte Hand 172
Die Sache mit der Seife 176
Wachhunde auf der Haut 181
Die dunkle Seite der Macht 187
Tetanusbakterien – tödliche Lieblinge der Schönheitsindustrie 200
Manche mögen's kalt 204
In der Waschmaschine 210
Gold und Silber mag ich nicht 214
Der Fingerabdruck von Städten 219
Winzige Zeuginnen 225
Im Dienste des Menschen 229

VERBÜNDETE FÜR DIE ZUKUNFT 237

Doktor Bazillus 238
Bakterien bitten zu Tisch 242
Appetit auf Plastik 251
Geneschnipseln für Anfänger 257
Die Waldretter 266
Fliegende Gletscher 276
Appetit auf Steine 281
Langschläfer 285

Nachwort 290
Anmerkungen 295

Vorwort

Ich kann mich noch gut an jenen Tag im Biologieunterricht der Oberstufe erinnern, als ich dachte, die Welt sei auserzählt. Alle Geheimnisse seien entschlüsselt, jeder biologische Vorgang im Detail erklärbar. Selbst die Liebe sei kein zauberhaftes Gefühl, sondern ein durch Oxytocin ausgelöster hormoneller Vorgang. Das war ein sehr enttäuschender Moment, weil mir klar wurde, dass es somit nichts Magisches mehr zu entdecken gäbe. Tiere und Pflanzen funktionierten demnach wie seelenlose Maschinen, die Natur wie eine Ansammlung von Biorobotern.

Dabei habe ich schon im Grundschulalter gerne geforscht. So kaufte ich von meinem Taschengeld nicht nur Süßigkeiten, sondern auch lebende Mehlwürmer in der örtlichen Zoohandlung. Die Larven, eigentlich als Futter für Reptilien gedacht, setzte ich in ein Glas mit Mehl und beobachtete fasziniert, wie sie sich zu schwarzen Käfern entwickelten. Spinnen, Molche und andere Kurzzeitgäste bevölkerten in Gläsern und Terrarien mein Kinderzimmer, aber auch die Allerkleinsten zogen mich früh in ihren Bann. Mit dem alten Mikroskop meiner Mutter untersuchte ich, wie viele faszinierende Einzeller sich in einem Tropfen Teichwasser tummelten. Der gewellte, von Flecken übersäte Teppichboden in meinem Zimmer zeugte von Missgeschicken im Umgang mit Wasser, doch zum Glück ließen mich meine Eltern gewähren. So lernte ich, dass selbst winzigste Wesen eigene Bedürfnisse haben

und dass auch sie Respekt verdienen. Und dann kam besagter Moment im Unterricht.

Erfreulicherweise haben sich die Erkenntnisse der Wissenschaft seitdem gewandelt. Mittlerweile ist selbst bei Pflanzen gut belegt, dass sie nicht nur sehen, riechen und hören können, sondern sogar hirnähnliche Strukturen haben. Die Zeitschrift *National Geographic* sprach 2017 gar von einer kopernikanischen Wende in der Biologie in Anlehnung an die bahnbrechende Entdeckung des Astronomen Kopernikus, dass nicht die Erde, sondern die Sonne im Zentrum unseres Planetensystems steht.[1]

Auch ich habe all die Jahre nicht aufgegeben, nach Wundern in der Natur zu suchen. Der Naturforscher in mir, der schon früh jedes winzige Detail verstehen wollte, war nicht zum Schweigen zu bringen, und bis heute bin ich wie elektrisiert, wenn die Wissenschaft überraschende Entdeckungen macht und damit althergebrachte Denkweisen über den Haufen wirft. Denn das tut sie in den letzten Jahren zunehmend und stößt damit immer neue Türen auf.

Eine dieser Türen führt in die Welt der Bakterien. Auf diese Einzeller bin ich im Laufe meines Lebens immer wieder gestoßen. Wer sich mit Pflanzen, speziell mit Bäumen, beschäftigt, kommt an Bakterien nicht vorbei, die den grünen Partnern in vielerlei Hinsicht helfen. Ob an den Wurzeln oder auf den Blättern, überall tummeln sich ungezählte Arten der kleinen Helfer. Das ist auf der menschlichen Haut oder im Darm nicht anders und zählt schon lange zum Allgemeinwissen. Doch dann stieß ich auf eine gut belegte Theorie, die zumindest *meine* Vorstellung von der Welt völlig über den Haufen warf.

Wahrscheinlich – so die bestechende Überlegung – haben sich Bakterien alle mehrzelligen Wesen als eine Art Raumschiff für ihre Bedürfnisse geschaffen, in denen sie nun bequem umherreisen. Eines dieser Raumschiffe sind wir Menschen, und die Besatzung

hilft uns dabei, ein möglichst gutes Leben zu führen. So beeinflusst sie, was wir essen, und motiviert uns sogar dazu, Sport zu treiben. Doch keine Sorge, wir sind keine willenlosen Zombies, die an den Fäden dieser Kobolde hängen. Denn während konventionelle Wissenschaft früher einen Menschen als Gesamtgebilde der Körperzellen von Homo sapiens definierte, ist es wahrscheinlich genau andersherum: Unser Körper zusammen mit der Summe aller Bakterien, die sich in unseren Zellen, in unserem Darm, in und auf jedem Winkel unseres Körpers tummeln, das sind wir. Genau wie alle Milliarden Neuronen in unserem Gehirn ein einziges Bewusstsein erzeugen und zusammen morgens vor dem Spiegel sagen: »Das bin ich!«, so mischen die heimlichen Helden als großer Chor in allen Körperzellen mit. Vielleicht sind sie sogar die Dirigenten, die unser Bewusstsein dominieren und uns zu einzigartigen Individuen machen. Was das für Ihren Alltag bedeutet? Prinzipiell nichts und doch eine ganze Menge.

Nichts deswegen, weil es letztendlich egal ist, wie das Zusammenspiel in Ihrem Körper funktioniert und wer im Detail die Strippen zieht. Wenn Sie nach der Lektüre verstehen, dass unser Weltbild möglicherweise von Grund auf revidiert werden muss, um der Realität zu entsprechen, geht es erst einmal »nur« um neue Erkenntnisse.

Eine ganze Menge andererseits deswegen, weil Bakterien das lokale Wetter und sogar das globale Klima beeinflussen, die Wasserkreisläufe in Schwung halten, Steine fressen und beste Böden daraus machen. Sie sorgen damit für ein üppiges Pflanzenwachstum und eine reiche Tierwelt. Ohne sie ist das Leben auf diesem Planeten nicht vorstellbar. Auch für Sie persönlich kann das Wissen um Ihre Körperbesatzung positive Folgen haben, denn Sie können Rücksicht auf die Winzlinge nehmen – geht es ihnen gut, dann geht es Ihnen besser. Was Sie für Ihre Untermieter tun und lassen können, gebe ich Ihnen mit auf den Weg. Und es lohnt sich nicht

nur für Ihren Körper. Bakterien stemmen sich gegen Umweltverschmutzung (indem sie zum Beispiel Plastik fressen), bekämpfen Dürren (indem sie aktiv Regen produzieren) und bereiten Pflanzen auf den Klimawandel vor (indem sie ihnen neue Strategien erschließen).

Begleiten Sie mich auf eine Reise in das Reich der heimlichen Helden, und ich verspreche Ihnen, dass auch Sie danach die Welt mit völlig anderen Augen sehen werden.

DIE ERFINDUNG DES LEBENS

Lassen Sie uns gleich zu Beginn das herkömmliche Weltbild auf den Kopf stellen. Eigentlich stellen wir es auf die Füße, denn die Biologie ist in den vergangenen Jahrhunderten in eine Falle getappt. Sie hat die belebte Welt so sortiert, wie sie gesehen wurde, also alles mit bloßem Auge Sichtbare schön in Pflanzen und Tiere eingeteilt und damit übersichtlich gemacht. Doch dann wurden Mikroskope erfunden, und man entdeckte, dass es Wesen gibt, die zahlenmäßig alle anderen in den Schatten stellen und sich einer einfachen Sortierung entziehen. Und je mehr man an diesen Wesen forscht, desto stärker werden alte Gewissheiten erschüttert. Betreten Sie mit mir das Wunderland der Bakterien.

Gut versteckt

Ich gebe zu, die Idee klingt verwegen, dass Bakterien die Welt beherrschen. Es ist für uns unter anderem deshalb so schwer vorstellbar, weil Bakterien so winzig sind und uns im Alltag nicht auffallen. Dennoch gibt es sie überall: in der Luft, im Wasser, im Boden, auf sämtlichen Oberflächen. Doch damit geben sich die Einzeller nicht zufrieden: Sie sind wortwörtlich auch überall *in* uns, und zwar gut versteckt. Vielleicht kennen Sie die Berichte über das Mikrobiom, also das allerkleinste Leben in Form von Bakterien, Viren, Pilzen und anderen Lebewesen. Sie besiedeln vom Darm über die Zunge bis zu den Ellenbeugen alle Ökosysteme, die unser Körper bietet. Diese Heerschar werden wir in späteren Kapiteln noch genauer betrachten. Mit gut versteckt meine ich nämlich tatsächlich so gut versteckt, dass sie kaum zu finden sind: in jeder Körperzelle.[2]

Und es scheint, als wäre unser vertrautes Weltbild völlig verkehrt. Dieses Bild sieht den Menschen als Krone der Schöpfung, als unglaublich kompliziertes Konstrukt mit einem Geist, der seinesgleichen im Universum sucht. Das mag bis hierhin stimmen, doch die Schlussfolgerung, dass wir den Planeten deshalb beherrschen, dass wir die dominierende Spezies sind, kann man so nicht mehr gelten lassen.

Denn die Zeichen verdichten sich, dass es die Allerkleinsten sind, die das Zepter schwingen. Ihre Vorfahren waren es nämlich,

die zuerst Besitz von diesem Himmelskörper ergriffen, und diese Einzeller hatten die Erde sehr lange für sich allein. Sie breiteten sich in aller Ruhe aus, experimentierten mit den verschiedensten Lebensräumen, produzierten Giftgas und löschten dabei jede Menge Arten aus – kurz: Bakterien probierten, wie sie sich und ihren Lebensraum optimieren könnten. Dazu hatten sie reichlich Zeit, und zwar rund drei Milliarden Jahre. Dabei waren sie keineswegs allein. In den Urmeeren schwammen auch andere Einzeller, die sich von den Vorfahren der Bakterien zu den Archaeen entwickelten. Sie hatten einen anderen Stoffwechsel als Bakterien, tummelten sich aber an ähnlich schwierigen Orten wie etwa kochend heißen Wasserquellen in der Tiefsee.

Vor mehr als 1,6 Milliarden Jahren[3] muss es dann passiert sein: Einem Bakterium gelang es, in ein Archaeum einzudringen und sich dort festzusetzen, ohne dass beide starben. Es könnte aber auch andersherum gewesen sein: Das Archaeum hatte versucht, das Bakterium zu fressen, indem es wie üblich einfach seine Zellwand über das Opfer stülpte, um es im Inneren zu verdauen. Nur fand diesmal keine Verdauung statt, sondern eine Verbrüderung. Fortan bildeten die beiden unterschiedlichen Wesen eine gemeinsame Zelle. Dabei arrangierten sich die beiden so, dass sie sich gegenseitig ergänzten und immer leistungsfähiger wurden. Aus einer Zelle wurden im Laufe der Evolution mehrere, die fortan gemeinsam auftraten und sich spezialisierten. Vor 300 000 Jahren fanden sich schließlich 30 Billionen[4] Zellen zusammen und formten den modernen Menschen.

Wenn Sie nun denken, dass dann auch 30 Billionen in den Zellen versteckte Bakterien in Ihrem Körper heimlich werkeln, muss ich Sie korrigieren: Die Zahl ist viel, viel größer. Schauen wir doch einmal beispielsweise in eine menschliche Eizelle: Allein darin tummeln sich schon 100 000 Stück! Auch Zellen in Organen, die besonders viel Energie verbrauchen, enthalten eine sehr

hohe Anzahl an Mitochondrien (so heißen die eingeschmuggelten Bakterien offiziell). Warum? Weil diese ehemals unabhängigen Bakterien sich zu Zellkraftwerken entwickelt haben, die aus Sauerstoff und Nährstoffen wie Zucker den wichtigsten Energieträger des Körpers bereitstellen: das Adenosintriphosphat, kurz ATP.[5] Es ist der Treibstoff, der uns lebendig und beweglich hält. Wir benötigen davon täglich riesige Mengen: Nehmen Sie Ihr Körpergewicht, dann haben Sie die Menge an ATP, die Sie Tag für Tag verbrauchen. Was mich betrifft, sind das nach dieser Rechnung 92 Kilogramm.

Müsste bei diesem enormen Umsatz das Körpergewicht nicht ständig erheblich schwanken? Bräuchten wir nicht gewaltige Mengen an Nahrung, um entsprechend Nachschub zu liefern? Und säßen wir dann nicht den ganzen Tag auf der Toilette, um den Ballast wieder loszuwerden? Nein, denn die Menge an ATP, die sich gleichzeitig im Körper befindet, ist gar nicht so groß: Sie beträgt durchschnittlich nur 250 Gramm. In meinem Fall ist es wahrscheinlich ein bisschen mehr, doch selbst das reicht meinem Körper nur für vier Minuten, beim Sport vielleicht noch nicht einmal für zwei Minuten – dann wäre ich tot. Und trotzdem esse ich nicht den ganzen Tag und sitze auch nicht den ganzen Tag auf der Toilette.

Woher kommt also der gigantische Nachschub, dessen Lieferung wir noch nicht einmal bemerken? Ganz einfach: Der Zelltreibstoff wird in wahnwitzigem Tempo recycelt, und hier kommen wieder die Bakterien ins Spiel. Die Mitochondrien sind die Weltmeister der Wiederverwertung; sie schaffen es, jedes ATP-Molekül 300-mal pro Tag zu erneuern.[6] Die Abfallprodukte werden von den eingeschmuggelten Bakterien also unermüdlich wieder als Treibstoff zur Verfügung gestellt, teilweise innerhalb von Sekunden. Umgekehrt werden die ehemals frei lebenden Bakterien dafür von der Zelle mit allem versorgt, was sie zum Leben brauchen.

Damit ist klar: Ohne Bakterien wären wir gar nicht entstanden und wären innerhalb von Minuten tot.

Doch selbst so könnten wir nicht länger als drei Tage durchhalten, wenn es nicht noch eine weitere Gruppe von Bakterien gäbe, die sich etwas Besonderes ausgedacht haben. Ihnen gelang vor drei Milliarden Jahren die Erfindung der Fotosynthese. Fortan waren sie an ihrer Farbe zu erkennen, die sich in Grün verwandelt hatte. Auch diese Cyanobakterien wuselten zunächst sehr lange einzeln vor sich hin, bis einige auf die Idee kamen, ebenfalls in eine der neuen Wohngemeinschaften einzuziehen.

Seitdem gibt es zwei Typen von trojanischen Pferden. Der eine kommt nicht ohne die zu Zellkraftwerken veränderten Bakterien zurecht, der andere benötigt noch zusätzlich eine zweite Bakterienart. Vielleicht ahnen Sie es schon: Wir können diese beiden Arten von trojanischen Pferden auch Tiere und Pflanzen nennen. Vielleicht sollten wir die Reihenfolge vertauschen und die Pflanzen zuerst nennen, denn ohne sie gäbe es kein tierisches Leben. Das ist ja der wesentliche Unterschied zwischen beiden Gruppen: Pflanzen können sich mithilfe der bakteriellen Untermieter selbst ernähren, Tiere nicht. Letztere müssen immer fremde organische Substanz verspeisen, die schlussendlich immer auf Grünzeug zurückzuführen ist.

Ohne Bakterien wäre die Erde also ein öder Wasserplanet mit ein paar staubigen Kontinenten. Doch kann man sie auch heute noch als Herrscher über diesen Planeten bezeichnen? Man könnte immerhin einwenden, dass zumindest die in die Zellen eingeschleusten Kleinstlebewesen nicht mehr viel zu sagen haben. Sie haben einen Teil ihrer Gene auf die Pflanzenzellen übertragen, können nicht mehr ohne ihre Wirte überleben und sind zu einer Art Zellorgan verkümmert. Andersherum könnte man auch sagen, dass sie schlauerweise sehr viele Aufgaben auf die Zelle übertragen haben und deshalb unnützen Ballast losgeworden sind. Und genau

davon geht man heute aus: Die Pflanzenzellen erledigen mit den aufgenommenen Genen verschiedenste Aufgaben, die dann den Bakterien zugutekommen. Die Ackerschmalwand etwa, ein Wildkraut, dem Sie bei Ihren Spaziergängen in Wald und Feld begegnen können, hat 18 Prozent ihres Erbguts von Bakterien übernommen – rund 4500 Gene.[7]

Für die zweite Sichtweise spricht auch, dass diese rudimentären Bakterien zumindest Teile ihres eigenen Erbguts behalten haben. Normalerweise sitzt der Bauplan für jedes Detail unseres Körpers ja im Zellkern und dort in den Chromosomen. Das müsste auch für die Chloroplasten gelten, wenn sie vollends eins mit den Pflanzen geworden wären. Diese verwandelten Bakterien beharren aber auf ihrer genetischen Eigenbrötelei, teilen sich unabhängig von der Pflanzenzelle und zeigen damit bis heute deutlich, dass sie ursprünglich gar nicht dazugehörten, und auch, dass sie gerne weiterhin ihr eigenes Süppchen kochen möchten.

Dass Mitochondrien durchaus als unselbstständige Bakterien begriffen werden können, macht auch ihre enge Verwandtschaft mit ungebundenen Arten wie etwa dem Erreger von Typhus deutlich. Dieser lebt zwar auch in menschlichen Körperzellen, aber nicht als Helfer, sondern als Angreifer. Ansonsten ist ihr Aufbau und Stoffwechsel verblüffend ähnlich.[8] Beides waren einst freie Bakterien, die sich allerdings für unterschiedliche Seiten der Medaille »Mensch« entschieden haben. Und draußen in den Weltmeeren leben womöglich sogar noch die Nachfolger unserer Mitochondrien und vagabundieren frei durchs salzige Wasser.[9] Das können die Mitochondrien zwar nicht mehr, denn ihr Reich endet an den Grenzen der inneren Zellwand. Doch innerhalb der Blase sind sie keineswegs ortsfest. Sie schwimmen munter durch die Flüssigkeit und helfen uns auf die schon beschriebene Art und Weise. Das ist aber noch nicht alles. Wird die Zelle angegriffen, verteidigen die Winzlinge ihre Heimat gegen die Aggressoren.

Deren Ziel ist häufig eine Blase innerhalb der Zelle. Hier werden Wasser und Nährstoffe gespeichert sowie Abfallstoffe entsorgt. Und hier kann man sich als Mikrobe wunderbar vermehren – es sei denn, wachsame Mitochondrien sind zur Stelle. Sie bemerken die Fremden (wie, ist noch nicht geklärt) und bewegen sich aktiv auf deren Aufenthaltsort zu. Dabei bilden sie eine Art Abwehrmauer um die Blase und entziehen den Fremden, etwa den Erregern der Toxoplasmose, das Futter. Dazu fressen sie einfach mehr davon, sodass für die unerwünschten Gäste weniger übrig bleibt und sie verhungern.[10]

Wie viel diese Kleinstlebewesen bei uns tatsächlich mitreden, sieht man ausgerechnet bei der Fortpflanzung. Landläufig wird davon ausgegangen, dass sich das Erbgut der Eltern zu jeweils 50 Prozent im Nachwuchs wiederfindet, beide also gleichen Anteil an den Eigenschaften der Kinder haben. Das stimmt aber nicht ganz, denn die »verkümmerten« Bakterien drücken der nächsten Generation ihren eigenen, teils deutlich sichtbaren Stempel auf, wie wir gleich sehen werden.

Gestatten: Bakterium

Mir fällt gerade auf, dass ich Ihnen die Protagonisten dieses Buches noch gar nicht richtig vorgestellt habe. Das ist natürlich kein Zufall, denn ich wollte, dass Sie sich erst einmal für die Wesen interessieren, die Sie und Ihr Leben prägen. Und weil man die Racker mit bloßem Auge nicht sehen kann, wird es Zeit für eine ausführlichere Beschreibung, damit Sie wissen, wer da genau in Ihnen werkelt.

Der erste Mensch, der Bakterien zu Gesicht bekam, war der niederländische Tuchhändler Antoni van Leeuwenhoek. Er nutzte Mikroskope, um die Qualität seiner Ware zu kontrollieren, und konstruierte später selbst solche Apparate, die mit nur einer winzigen kugelförmigen Linse eine 270-fache Vergrößerung schafften. Damit untersuchte er alle möglichen klitzekleinen Dinge und entdeckte so 1683 die ersten Bakterien in seinem eigenen Zahnbelag. Insgesamt baute er rund 500 Mikroskope und war zu seiner Zeit der führende Mikrobiologe, obwohl er keinerlei wissenschaftliches Studium absolviert hatte.[11] Es dauerte allerdings noch weitere 200 Jahre, bis der Mediziner und Wissenschaftler Robert Koch den Zusammenhang zwischen einer Krankheit (Milzbrand) und Bakterien (*Bacillus anthracis*) nachweisen konnte. Seitdem standen Bakterien meist als Krankheitserreger im Fokus der Wissenschaft, und ihre Rolle als Umweltgestalter, ja Umwelt- und Menschenlenker wird erst jetzt gerade langsam entschlüsselt.

Optisch gleichen die typischen Einzeller einer Kapsel, besitzen eine länglich-abgerundete Form. Diese Stäbchenform nennt man Bazillen. Daneben gibt es noch Bakterien in Kugel- (Kokken) oder in geschraubter Form (Spirochäten), wie etwa die Erreger der Borreliose. Sie sehen also: Sogar als Einzeller kann man optisch vielfältig erscheinen.

Auch wenn wir Bakterien nicht mit bloßem Auge sehen können, sind sie keineswegs durchsichtig. Treten sie dicht an dicht auf, wird der wässrige Schleim (oder höflicher ausgedrückt: transparente exopolymere Produkte)[12] immerhin ein bisschen milchig. Wobei – ich muss mich korrigieren: Es gibt tatsächlich eine Bakterienart, die so groß ist, dass Sie sie mit bloßem Auge erkennen können. Sie hört auf den wissenschaftlichen Namen *Thiomargarita magnifica* und lebt im schwefelhaltigen Wasser der Mangrovenwälder auf der karibischen Inselgruppe Guadeloupe. Im Alltag werden Sie ihr also nicht begegnen.

Bakterien besitzen keinen Zellkern, der die DNA umhüllt. Das unterscheidet sie von sogenanntem höheren Leben, welches ausnahmslos aus Zellen mit Kern besteht, also Pflanzen, Pilze und Tiere. Solch ein Zellkern ist schon eine feine Sache: Seine stabile Hülle schützt nicht nur die Erbinformation, sondern fungiert zugleich als Sensor. Wird die Zelle gequetscht, registriert der Kern die Verformung und sorgt dafür, dass sich die Zelle entsprechend an ihre Umgebung anpasst.[13]

Wenn Bakterien die Mehrzeller ermöglicht oder vielleicht sogar erfunden haben, warum steckt ihre DNA dann nicht auch in solch einer wunderbaren Hülle? Sie sind doch meisterhafte Denker und können sich unglaublich gut anpassen! Genau das ist der Grund, warum sie auf einen Zellkern verzichten. Der schützt zwar gut, ermöglicht genetische Anpassungen aber nur ziemlich umständlich und langsam. Das ist nichts für die ungeduldigen Wichte. Will ein Wesen mit Zellkernen (also zum Beispiel wir) Proteine her-

stellen, dann muss dazu die Bauanleitung der DNA im Zellkern ausgelesen werden. Da der Zellkern aber ein Sicherheitsfanatiker ist, darf die DNA zum Auslesen des Codes nicht hinaus. Also wird der entsprechende Abschnitt im Kern kopiert und nur die Kopie herausgereicht. Dann kann außerhalb im Zellplasma die Produktion der Eiweißmoleküle starten. Das ist den Bakterien offenbar zu umständlich. Wenn sie Proteine brauchen, basteln sie diese direkt aus ihrer DNA – das geht deutlich flotter. Zudem können sie bei Störungen oder anderen Signalen von außerhalb sofort ihre Produktion anpassen, was deutlich schneller als die Kopieraktion der Zellkerne funktioniert.[14]

Schnell ist auch das Stichwort bei der Vermehrung. Bakterien ersparen sich den ganzen umständlichen Prozess der Partnerfindung, Paarung, Schwangerschaft und Geburt. Sie pflanzen sich überhaupt nicht fort, sondern teilen sich einfach. Wer anschließend das Original ist und wer die Kopie, lässt sich nicht bestimmen, ist aber offenbar auch egal. Fakt ist, dass niemand im Reich der Lebewesen schneller Nachkommen produzieren kann. Kolibakterien etwa, menschliche Darmbewohner, verdoppeln sich unter günstigen Umständen alle 20 Minuten. Während der Teilung reproduzieren sie dazu rasend schnell ihre DNA: Pro Sekunde kopieren sie unfassbare 1000 Bausteine des Erbguts. Doch es geht sogar noch schneller: *Vibrio natriegens*, ein salzliebender Küstenbewohner, braucht nur halb so lange und gilt damit als Rekordhalter des Planeten. Er kann sich in weniger als zehn Minuten teilen.[15]

Was dieses Tempo in der Bakterienwelt bedeutet, mag folgender Vergleich zeigen: Eine menschliche Generation (Abstand Eltern zu Kindern) umfasst im Schnitt der letzten Jahrtausende 28 Jahre.[16] Seit der Erbauung der großen Cheopspyramide in Ägypten sind 4600 Jahre vergangen, das entspricht 164 menschlichen Generationen. Für Otto Normalbakterium der Sorte Darmbewohner wären das noch nicht einmal zweieinhalb Tage. Während unser

Nahrungsbrei durch den Bauch wandert, vergehen für die Knilche ganze Zeitalter, in denen sie leben, vielleicht sogar lieben und dann wieder vergehen. Ewig leben sie ja trotz ihrer Teilung nicht, denn ihre durchschnittliche Lebenserwartung wird unter anderem von Viren verkürzt.

Dass Bakterien sich nicht fortpflanzen, sondern sich einfach »nur« teilen, hat allerdings einen entscheidenden Nachteil: Es werden immer sofort »erwachsene« Wesen produziert, ganz anders als etwa bei Pflanzen. Dadurch sind sie zwar sofort einsatzbereit, aber auch gleichzeitig empfindlich, denn außerhalb ihres angestammten Milieus können sie in der Regel nicht lange überleben. Die meisten Gewächse setzen auf eine andere Strategie, um ihre Art zu erhalten und sich fleißig auszubreiten: Sie bilden Samen, also Embryos. Diese halb fertigen Nachkommen können als Nüsse oder Körner Bedingungen aushalten, bei denen ihre grünen Eltern sterben würden. Dürre, Kälte, Dunkelheit – alles kein Problem. Sie warten und warten, bis die Umweltbedingungen wieder passen. So überleben Pflanzenarten zumindest eine Zeit lang, selbst wenn die Natur lebensfeindlich ist. Den Rekord stellten bisher Dattelpalmensamen auf, die nach 2000 Jahren noch keimten.[17]

Bei Bakterien ist an der frischen Luft selbst für gerade geteilte das Leben schnell zu Ende. Die meisten Arten brauchen es eben warm und vor allem feucht, und so wundert es nicht, dass die Zeit, die ihnen bleibt, im besten Fall nur wenige Stunden beträgt. Lediglich wenn sie in kleinen Wassertröpfchen reisen (wie etwa dem Sprühnebel von Toiletten oder in Wolken), sieht die Sache anders aus. Dazu später mehr.

Trockene Luft und Sonnenschein sind für Bakterien kein schönes Wetter, sondern eine Katastrophe. Aber weil sie so schlau sind, haben sie auch hierfür eine Lösung gefunden: Sie verwandeln sich in eine Spore. Das ist eine Kapsel, die nur noch 15 Prozent Wasser enthält und in der die Lebensprozesse ähnlich wie in Pflanzen-

samen zum Erliegen kommen. Der Vorteil: Nun wird keine Energie mehr verbraucht, und man kann sehr lange (Jahrzehnte, im Extremfall sogar Millionen von Jahren) warten, bis die Bedingungen wieder freundlicher werden. Dann kann sich aus der Spore innerhalb von Minuten wieder ein voll einsatzfähiges Bakterium entwickeln. Im Unterschied zu den Pflanzen (oder Pilzsporen) ist es immer noch dasselbe Individuum, welches sich dermaßen hin- und wieder zurückverwandelt.[18]

Diese Verwandlung geschieht immer dann, wenn die heimlichen Helden merken, dass ein dramatischer Mini-Klimawandel eintritt oder es nichts mehr zu futtern gibt. Dann teilen sie sich nicht wie gewöhnlich in zwei gleiche, neue Wesen, sondern bilden innerhalb des Mutterbakteriums eine kleine Kugel, in der die Erbinformationen verstaut werden. Zusätzlich wird die Kugel durch eine robuste Membran abgedichtet und hitzeresistent gemacht. Nun löst sich die Mutter auf und gibt die Kugel frei. Eine echte Geburt ist das aber trotzdem nicht – das Bakterium hat sich ja wie gewohnt geteilt, diesmal aber nur eine Nachfolgerin erzeugt, also quasi sich selbst in einer kleinen Raumkapsel. Hier schlummert das Wesen und träumt von besseren Zeiten. Dabei hält es deutlich höhere Temperaturen aus als in seiner früheren Form – Sporen kann man nicht durch Pasteurisieren (Erhitzen auf 72 Grad Celsius, wie etwa Milch) abtöten, ganz im Gegenteil: Manche Arten halten selbst stundenlanges Kochen aus. Wenn die Spore wieder zum Leben erwacht und ein richtiges Bakterium wird, geht die Hitzeresistenz allerdings sofort wieder verloren.[19] Denken wir nun an Pflanzen und ihre Samen, dann haben wir hier doch noch ein Bakterien-Pendant gefunden, nur noch ausgeklügelter. Welcher Baum kann sich schon in eine kleinere Form schrumpfen und so ganze Zeitalter überdauern, um dann wieder zum Leben zu erwachen?

Bisher haben wir den Akt der Fortpflanzung der einzelligen Wesen nur gestreift – das soll sich jetzt ändern. Denn auch hier

haben sie sich sehr spezielle Techniken einfallen lassen. Verschiedene Geschlechter gibt es nicht, und die Vermehrung erfolgt durch »plumpe« Teilung. Erstens wissen Sie das schon, und zweitens: wieso plump? Weil bei einer bloßen Teilung das Erbmaterial nicht neu kombiniert wird – das ist ja der Sinn der sexuellen Vermehrung. Männliche und weibliche Partner mischen ihre Gene, und heraus kommt ein Wesen mit einigen Eigenschaften der Eltern oder sogar völlig neuen, die sich durch den Mix ergeben. Zusätzlich wird bei der Verschmelzung des Erbguts von Ei- und Samenzelle manchmal schlampig gearbeitet, sodass ungewollte Abweichungen (Mutationen) auftreten.

Das kann ein Nachteil sein, bei sich verändernden Umweltbedingungen aber auch ein Vorteil. So gelang es unseren Vorfahren, sich an den Rauch von Lagerfeuern anzupassen. Erst die Erfindung des Feuermachens hat die Entwicklung unserer Zivilisation ermöglicht, doch die giftigen Abgase mit Ruß und allerlei anderen unverbrannten schwarzen Stoffen drohten die frühen Erfinder umzubringen. Während sie über Generationen hinweg hustend in ihren Höhlen um die wärmespendenden Flammen hockten und recht früh starben, wurden auf einmal Kinder geboren, die den Qualm deutlich besser wegsteckten. Bei ihnen tauchte ein neuer Abschnitt in den Genen auf, welcher dem Nachwuchs die Fähigkeit bescherte, einen Teil der schädlichen Schwaden mit geringeren gesundheitlichen Folgen zu inhalieren. Je nach Substanz verbesserte sich die Widerstandsfähigkeit um den Faktor 1000. Den Neandertalern fehlte dieser Genabschnitt, was ihr Verschwinden möglicherweise beschleunigte.[20]

Sollte also ausgerechnet die älteste Lebensform dieses Planeten, die über vier Milliarden Jahre Zeit hatte, Ähnliches zu erfinden, auf diese geniale Möglichkeit der Anpassung verzichtet haben? Natürlich nicht: Bakterien sind dazu sehr wohl in der Lage und (wie Sie sich vielleicht schon denken können) gehen dabei noch

viel effektiver vor. Gewiss, sie mischen ihre Gene nicht bei der Teilung, doch das brauchen sie auch gar nicht, um an neue genetische Eigenschaften heranzukommen. Im Gegensatz zu uns gelingt ihnen das nämlich jederzeit, völlig unabhängig von der Fortpflanzung. Dazu haben sie verschiedene Möglichkeiten entwickelt. Eine davon ähnelt einer Paarung: Zwei interessierte Bakterien strecken Fühler aus und schauen, ob das jeweils andere an einem Austausch interessiert ist. Ist das der Fall, nähern sie sich einander an, um herauszufinden, welche Infos der jeweils andere braucht. Dann werden die passenden Stücke des Erbguts ausgetauscht und in das eigene eingebaut. Und schwups – ist man zum Beispiel gegen Antibiotika resistent.[21]

Ist das nicht das Gleiche wie eine sexuelle Fortpflanzung? Es ist noch viel besser, denn die Bakterien können sich auf diese Weise selbst verändern und nicht erst die nächste Generation. Davon abgesehen geht es bei Bakterien auch weniger romantisch zu, wenn es sein muss. Fremdes Erbmaterial lässt sich schließlich genauso gut ohne ein Techtelmechtel besorgen. So gibt es jede Menge herrenlose DNA in der Natur, denn wenn Lebewesen sterben und sich auflösen, bleiben unzählige Schnipsel von Erbgut im Boden zurück. Hier bedienen sich Bakterien, indem sie etwas heraussuchen und sich einverleiben. Im Bedarfsfall wird der Fund fest in den eigenen DNA-Strang eingefügt. Solche Vorgänge nennt man »horizontalen Gentransfer«, im Gegensatz zum vertikalen, der von Generation zu Generation abläuft.[22] Kein Wunder, dass Bakterien so unglaublich anpassungsfähig sind: rasante Teilungsraten, dazwischen bei Bedarf Einbau weiterer Eigenschaften von anderen Arten – schneller kann sich niemand auf diesem Planeten verändern.

Wie sieht es mit Augen aus? Da wird es als Einzeller schwierig, weil Organe aus vielen Zellen bestehen. Sehapparate sucht man bei Bakterien vergebens, und trotzdem können sie Licht erkennen. Sie

machen das eben nicht mit Linsen und Netzhaut wie Tiere, sondern mit einer Reihe von speziellen Proteinen. Sie dienen ihnen als Rezeptoren und sind wissenschaftlich erst ansatzweise erforscht (weil man lange dachte, Bakterien könnten mit Lichtreizen nichts anfangen). Davon abgesehen macht ein wie auch immer gestaltetes Sehen Sinn, zum Beispiel wenn man zur Gruppe der Cyanobakterien gehört und sich sogar von Licht ernährt. Da sollte man schon wissen, wo die besten Plätzchen sind! Andere Arten wie die Erreger der Brucellose, einer gefürchteten Infektionskrankheit, brauchen die Informationen, um sich auf einen Wirt vorzubereiten, etwa auf Rinder, Elche oder Bisons. Wenn sie merken, dass es dunkel wird (jetzt ist man vielleicht im Wirt angekommen!), fahren sie ihre Angriffsfähigkeiten hoch, um schneller attackieren zu können.[23]

Bakterien wandern gerne. Dazu nutzen sie allerdings keine Beine, zumindest nicht so wie wir. Manche Arten ziehen sich wie an winzigen Ärmchen vorwärts, die sie ausfahren und mit denen sie an Oberflächen haften können. Das geht jedoch sehr langsam. Wesentlich flotter sind diejenigen unterwegs, die Geißeln (fadenförmige Anhängsel) am Hinterende haben. Diese Geißeln werden mit einer Art Motor (Muskeln haben die Einzeller ja nicht) in Rotation versetzt, und zwar so schnell, dass ein moderner Ventilator mit 250 Umdrehungen pro Minute dagegen wie eine lahme Ente daherkommt. Spitzenreiter sind Meeresbakterien, deren Geißeln 1700-mal rotieren – pro Sekunde![24] Doch solche Propeller haben einen Nachteil: Man braucht Wasser, um sich als Miniboot fortzubewegen. Luft kommt nicht infrage, denn zum Fliegen bräuchte es noch mehr Energie, und davon abgesehen hassen Bakterien Trockenheit, weil sie dann mindestens inaktiv werden oder sogar vertrocknen, sprich sterben. Gerade im Boden kann diese Fortbewegungsart problematisch werden. Im Erdreich gibt es zahlreiche Poren, die teils luftgefüllt sind. Hier wäre jede Bak-

terienreise zu Ende. Doch zum Glück gibt es Pilze, die mit ihren Fäden unerschrocken auch solche Hohlräume überwinden und riesige Geflechte im Untergrund bilden. Der größte bisher gefundene Einzelpilz, ein Hallimasch im US-Bundesstaat Oregon, hat seine weichen Ausläufer auf bis zu neun Quadratkilometer ausgebreitet. Pilze lieben genau wie Bakterien die Feuchtigkeit, und deshalb sind ihre Fäden von einem dünnen Flüssigkeitsfilm überzogen. So können Bakterien Pilze als unterirdische Autobahnen nutzen und fröhlich propellernd selbst luftige Hohlräume überwinden.[25] Raststätten sind ebenfalls vorhanden, denn Pilze geben den Reisenden Zucker ab, den sie selbst von den Bäumen erhalten haben. Bis zu 30 Prozent der gesamten Produktion verteilen Buchen, Eichen und Co. für Dienstleistungen an ihre wattigen Helfer und an die Bakterien, die dafür mit allerlei Hilfeleistungen bezahlen (dazu später mehr).

Während man sich auf Autobahnen selbst bewegen muss, sieht das bei Bus und Bahn anders aus. So ähnlich funktionieren Regenwürmer und andere Bodenbewohner für Bakterien, mit dem Unterschied, dass die kleinen Passagiere nicht nur im Innenraum, sondern auch an den Außenwänden mitreisen. Für bakterielle Maßstäbe lassen sich so große Entfernungen von mehreren Metern zurücklegen. Und die Reisegeschwindigkeit bei eigener Fortbewegung? Sie klingt mickrig, sind es doch je nach Art pro Sekunde bloß 400 bis 500 Mikrometer (millionstel Meter). Das entspricht ebenso vielen Bakterien-Körperlängen. Zum Vergleich: Ein Profischwimmer schafft nicht mehr als eine Körperlänge pro Sekunde.[26]

Wer sich viel bewegt, bekommt schnell Hunger. Die Leibspeise von Bakterien ist je nach Art sehr unterschiedlich, wie wir im weiteren Verlauf noch sehen werden. Bei der Mahlzeit selbst scheint es bei einigen Arten so etwas Ähnliches zu geben wie bei uns Menschen: Futterneid. Normalerweise werden zum Beispiel große Zuckermoleküle außerhalb des eigenen Körpers bearbeitet,

sodass man sich die Beute mit anderen Individuen teilen kann. Das gleicht einem Löwenrudel, welches gemeinsam einen erlegten Kaffernbüffel auffrisst.

Zu ihrer Überraschung fanden Forschende in kroatischen Seen Bakterien, die sich stattdessen die ganzen Zuckerstückchen auf einmal hineinstopfen. So können sie die Nahrung innerlich abbauen, ohne den Artgenossen etwas abgeben zu müssen. Das Team bezeichnete solche Einzeller als egoistisch und ihr Verhalten als dominant. Wer anderen etwas wegnimmt, lässt diese verhungern und deren Population schrumpfen. Dieser Nahrungsegoismus variiert je nach Jahreszeit und Nährstoffangebot. In einem der zwei untersuchten Seen, der ohnehin kaum Fressbares enthält, war der Egoismus im Winter, wenn es noch weniger davon gibt, besonders stark ausgeprägt. Das klingt logisch – Futterneid zahlt sich dann aus, wenn man einen Vorteil erlangt. Zur Überraschung des Teams war in einem anderen See, der ganzjährig mehr Nährstoffe enthält, der Egoismus im Sommer besonders stark, und zwar zum Zeitpunkt einer Algenblüte. Algen sind Pflanzen und produzieren Zucker – zu diesem Zeitpunkt musste es davon mehr als genug für jedes Individuum geben. Waren diese Bakterien einfach grundsätzlich rücksichtslos?

Die kleinen Egoisten hamsterten aber nicht jeden Zucker, sondern offenbar bevorzugt ihre Lieblingsspeise, Pullulan. Diese Süßigkeit wird von Pilzen hergestellt und nicht gerne geteilt. Wer anderen etwas wegnimmt, überlässt ihnen weniger schmackhafte Nahrung oder verurteilt sie schlimmstenfalls zum Hungertod. Die Bedeutung dieser Entdeckung liegt in der Artenvielfalt und -zusammensetzung von Ökosystemen, bei denen die Bakterien eine entscheidende Rolle spielen. Wenn Egoisten andere Arten verdrängen, dann funktionieren Nahrungsketten, an deren Anfang und Ende diese egoistischen Einzeller stehen, völlig anders – wie, muss noch erforscht werden.

Gut erforscht hingegen sind die kognitiven Fähigkeiten von Bakterien. Sie sind zum Beispiel Meister im Rechnen. Ihre Denkprozesse könnte man wie bei unserem Gehirn mit den Rechenoperationen eines Computers vergleichen. Das betrifft nicht nur die einzelligen Exemplare, die in Freiheit leben, sondern auch ihre Verwandtschaft in den Zellen, die Mitochondrien. Die Zellen selbst – zum Beispiel als Neuronen bei Tieren, aber auch als hirnähnliche Organe in den Wurzelspitzen der Pflanzen – sinnen ebenfalls ständig nach neuen Lösungen als Reaktion auf Verletzungen, Dürre oder andere Umwelteinflüsse. Die Natur rechnet laufend und in unvorstellbaren Größenordnungen. Anastassia Makarieva, eine russische Wissenschaftlerin, deren bahnbrechende Forschung Sie später noch einmal genauer kennenlernen werden, hat dazu einmal eine aufwendige Kalkulation gemacht. Ihr Ergebnis: In jeder Sekunde finden pro Quadratmeter (!) intakter Natur 2×10^{20} Rechenoperationen statt – das sind 200 Trillionen Vorgänge. Allein in 30 Gramm Waldboden (das entspricht zwei Esslöffeln voller Erde) denken ständig 450 Milliarden Bakterien, die zu geschätzt einer Million Arten gehören.[27]

Zum Vergleich: Ein Supercomputer schafft auf einem Quadratmeter eine Milliarde Mal weniger (und verbraucht dabei ein Vielfaches an Energie). Damit ist selbst Ihr heimischer Garten jeder künstlichen Intelligenz haushoch überlegen. Doch wozu braucht die Natur solch eine gewaltige Rechenleistung? Weil das Leben ständig und überall schauen muss, wie es die Umweltbedingungen so günstig erhält, dass eine nachhaltige Existenz möglich ist. Das gelingt ihm nun schon seit über vier Milliarden Jahren, und wir wissen immer noch nicht genau, wie es das macht.

Stören wir diese Prozesse, so Makarieva, destabilisieren wir die Natur. Und noch eines wird laut der Berechnung der russischen Wissenschaftlerin klar: Wenn wir die Ökosysteme so ramponieren, dass sie sich selbst nicht mehr reparieren können, dann hilft es

auch nicht, dass wir eines Tages vielleicht aufhören, Treibhausgase in die Luft zu pusten. Unsere Computer wären nicht in der Lage, die Rechenleistung der Natur zu ersetzen.[28] Lassen wir also lieber die Bakterien und die von ihnen erschaffenen Ökosysteme nachdenken, wie sie die von uns verursachten Schäden wieder in den Griff bekommen. Noch sieht es so aus, als würde es ihnen gelingen, wenn wir ihnen nur ein wenig mehr Raum geben.

In der Vorstellungsrunde der Bakterien fehlt zum Schluss noch der Faktor Zeit. Sind sie nicht bedauernswert, die kleinen Wesen, deren Generationenfolge und damit Lebensspanne nur wenige Dutzend Minuten währt? Ist ihre Existenz nicht nur ein Wimpernschlag; vorbei, kaum dass sie begonnen hat? Auch hier greift der Vergleich zu unserem Leben nur sehr schlecht. Zum einen wird das Bakterienleben durch die Teilung nicht beendet, sondern möglicherweise verdoppelt – wir haben uns ja schon die Frage gestellt, wer von den beiden neuen Zellen das Original und wer die Kopie ist. Gibt es anschließend vielleicht sogar zwei Originale, könnten Bakterien unendlich lange leben, da dieses Spielchen sich mit jeder Teilung erneut vollzieht. Falls nur eine Zelle das Original bleibt und die andere eine neue Kopie wird, bliebe die unendliche Lebensspanne dennoch möglich, denn auch dieses Spiel ließe sich unendlich fortsetzen. Lediglich bei Variante drei, in der aus der Mutterzelle zwei Kopien entstehen, wäre das Leben damit beendet. Aber selbst dann bräuchten wir die Bakterien nicht zu bedauern. Die gefühlte Lebensspanne bemisst sich bei uns Menschen an der Abfolge unterschiedlicher Ereignisse.

Skizzieren wir doch einmal beispielhaft das Leben eines Bakteriums, welches auf den Zähnen lebt. Sobald wir sie abends geputzt haben und ins Bett steigen, beginnt eine neue Dynastie von Karieskeimen mit dem Aufstieg. Es wird gelebt, gegessen, neue Gemeinschaften werden gegründet. Bünde entstehen, und Gebäude (Zahnbelag) werden errichtet. Ganze 20 Generationen lang wird

geschuftet und ein Bakterienstaat nach dem anderen geschaffen, mithilfe einer ausgeklügelten Arbeitsteilung, bevor eine Naturkatastrophe (die morgendliche Zahnbürste) hereinbricht und die ganze Kultur wieder auf Steinzeitniveau zurückwirft. Solch lange Perioden ohne Zerstörung hat die Menschheit, zumindest seit es Aufzeichnungen gibt, noch nie erlebt. Insofern haben Bakterien also ein besonders angenehmes Leben, wenn man von den anderen Gefahren, denen sie ausgesetzt sind (wie Viren- oder Pilzattacken), einmal absieht.

Am Anfang dieses Buches habe ich Ihnen die Bakterien als Erfinder allen höheren Lebens vorgestellt. Wenn das wirklich so ist, dann müssten alle Wesen auf diesem Planeten auf ein Urbakterium zurückzuführen sein, und genau dieser Frage gehen wir nun auf den Grund.