

PROF. DR. MARKUS EGERT
FRANK THADEUSZ

Ein Keim kommt selten allein

Wie Mikroben
unser Leben
bestimmen und
wir uns vor
ihnen schützen



ullstein extra

Das humane Mikrobiom – Freunde fürs Leben

Gleich nach der Geburt meiner Tochter Johanna vor 13 Jahren kratzte ich hastig ihren ersten Stuhl zusammen, füllte ihn in eine für diesen Zweck bestimmte Box und brach mit der kostbaren Fracht zum Labor eines Kollegen nach Holland auf.

Das sogenannte Kindspech, im Fachjargon »Mekonium«, ist aus mikrobiologischer Sicht ein sehr aussagekräftiger Stoff. Er gibt uns darüber Auskunft, was das heranwachsende Kind im Mutterleib zu sich genommen hat: etwa Haare und Zellen. Anders, als man vermuten könnte, ist die Suppe nicht steril, in der die Föten schwimmen. Das bedeutet: Unsere Kinder kommen lange, bevor sie das Licht der Welt erblicken, über das Fruchtwasser bereits mit verschiedenen Mikroorganismen in Berührung.

Vermutlich werden die Kleinen auf diese Weise schonend auf das vorbereitet, was unweigerlich folgt: ein Leben in einer Welt voller Keime. Das Mikrogenbad im Mutterleib stellt wahrscheinlich eine Taufe der besonderen Art dar, nämlich eine erste natürliche Impfung, die das Immunsystem des Kindes stärkt – sowie später etliche weitere, etwa gegen Masern und Windpocken.

Der Mensch: ein lebendes Gewächshaus

Wir leben jeden Tag mit vielen Tausenden Arten von Mikroben unter einem Dach. An dieser Tatsache können wir auch mithilfe der schärfsten Reinigungsmittel nichts ändern. Das ist allerdings auch gar nicht erforderlich. Seit vergleichsweise kurzer Zeit verwenden Mikrobiologen den Begriff Haushaltmikrobiom – darunter verstehen sie die Gesamtheit aller Mikroben, die uns in unseren vier Wänden umgeben.

Es gibt reichlich Anhaltspunkte dafür, dass dieses Netz aus Bakterien und anderen Mikroben einen erheblichen Einfluss auf unser Wohlbefinden hat. Und vermutlich haben wir uns mit diesen Mikroorganismen schon in der Steinzeit die Höhle oder Hütte geteilt.

Und dann gibt es ein Mikrobiom, das nur uns allein gehört: das humane Mikrobiom. Es ist die Gesamtheit aller Bakterien, Archaeen, Pilze, Viren und Parasiten, die auf und in unserem Körper wächst, gedeiht und wohnt. Wir sprechen von circa zehn Billionen Lebewesen. Im Grunde sind wir Menschen, jeder für sich, ein einziges großes Gewächshaus.

Das Verhältnis humaner Körperzellen zu Bakterien in unserem Körper liegt sogar bei ungefähr 1:1. Mit jedem Toilettengang, allerdings nur den »großen«, verschiebt sich das

Verhältnis kurz zugunsten der menschlichen Zellen, und Milliarden Mikroben wandern ins Klo. Es dauert allerdings nicht lange, dann haben die Einzeller dank ihrer rasanten Teilungsfähigkeit das alte Verhältnis wiederhergestellt.

Der menschliche Körper wird von bis zu 15 000 verschiedenen Arten von Mikroorganismen gekapert. Wir kennen davon nur die Spitze des Eisbergs, etwa 20 Prozent. Die anderen 80 Prozent firmieren in der Mikrobiologie unter dem Überbegriff »Microbial dark matter«. Damit bezeichnet man all die Mikroben, die noch nie ein Mensch zuvor gesehen hat, und die man bislang nur anhand ihrer DNA-Sequenzen erkennt.

Unser Mikrobiom wird durch viele Faktoren beeinflusst: unsere Gene, Ernährung, den Ort, an dem wir aufwachsen, auch unsere körperliche Fitness und der Partner, mit dem wir zusammenleben, spielen eine Rolle. Und natürlich unser Hygiene-Verhalten. Unter Medizinern und Mikrobiologen hat sich in den vergangenen Jahren immer mehr die Erkenntnis durchgesetzt, dass wir von dieser hochkomplexen Siedlergemeinschaft erheblich profitieren.

Sie schirmt uns ab vor den mikrobiellen Attacken der Außenwelt, hilft uns bei der Verdauung, stimuliert unser Immunsystem oder baut sogar Vitamine für uns zusammen. Allem Anschein nach besitzen unsere unsichtbaren Mitbewohner nahezu die Bedeutung eines separaten Organs – vielleicht am ehesten vergleichbar mit dem Blut. Doch wir fangen gerade erst an, dieses neue Organ zu verstehen.

Bei einem ausgewachsenen Menschen wiegt das Mikrobiom ungefähr 300 bis 600 Gramm – also in etwa so viel wie drei bis sechs Tafeln Schokolade.

Dieses wuselnde Wesen, von dem wir beinahe nie etwas mitbekommen, wird schon mit der Muttermilch gepöppelt. Viele der mehr als 200 verschiedenen Arten von Zucker, die in der Muttermilch enthalten sind, kann ein Säugling zum Beispiel selbst gar nicht verdauen. Sie sind vor allem Futter für eine wichtige Gruppe von Mikroben: die Bifidobakterien.

Sie gelten als die bedeutendsten Architekten der Darmflora des Heranwachsenden. *Bifidus* ist das lateinische Wort für »gespalten« – der Name des Bakteriums ist eine Anspielung auf seine Y-Form.

Natürlich soll die Muttermilch den Säugling in erster Linie ernähren. Es ist aber offensichtlich, dass der Trunk aus der Brust der Mutter das Kind auch vor Infektionen schützt und seine Darmflora aufbaut. Neben dem Anfüttern des Darmmikrobioms geschieht das über Antikörper und antimikrobielle Proteine, die in der Muttermilch schwimmen. Bifidobakterien machen bis zu 90 Prozent der Darmflora von gestillten Säuglingen aus.

Anfang der 1970er-Jahre grassierte eine große Angst vor Schadstoffen in der Muttermilch wie dem Insektengift DDT. Deshalb verzichteten viele Eltern – auch meine Mutter – auf das Stillen. Inzwischen ist die segensreiche Wirkung der Muttermilch für die Gesundheit des Kindes weitgehend anerkannt.

Helfer des Immunsystems

Dass die Mikroben des Menschen auch positive Eigenschaften haben können, ist in der Wissenschaft eine noch relativ junge Erkenntnis, die sich erst in den 1960er-Jahren allmählich durchgesetzt hat. Bis dahin hielt man Mikroben im Körper eher für Schmarotzer, die an unserem Organismus zehren und sich von ihm ernähren.

Vom Mikrobiom wusste man damals allerdings noch nichts. Der etwas sperrige Begriff »Mini-Lebensgemeinschaft« tauchte wahrscheinlich erstmals 1988 auf – ausgerechnet in einer Arbeit über Pflanzenschutz. Von einem Helfer unseres Immunsystems war da aber längst noch nicht die Rede. Seitdem ist eine Menge passiert. Inzwischen wissen wir, dass Babys bei der Geburt durch die Vaginalflora und sogar die Stuhlflora der Mutter eine Grundausstattung bekommen, die weit wichtiger ist als jede spätere Mitgift oder das Ikea-Küchenset für die erste eigene Wohnung.

Schon im Alter von etwa drei Jahren ist das Mikrobiom eines Menschen nahezu ausgewachsen. Ab diesem Zeitpunkt leben wir in unserem Körper bis zu unserem letzten Atemzug mit dieser hochkomplexen Gemeinschaft von Mikroorganismen zusammen. Doch was geschieht mit jenen Babys, denen bei der Geburt diese natürliche Impfung entgeht?

Gesichert ist, dass Kaiserschnittkinder als Neugeborene häufiger unter Allergien und anderen Erkrankungen leiden; sie sind auch anfälliger für Infektionen. Und selbst im späteren Leben besitzen diese Menschen offenbar ein erhöhtes Risiko, an Allergien, Asthma oder Diabetes Typ I zu erkranken.

Deshalb greifen Ärzte nach einer Geburt per Kaiserschnitt immer häufiger zu einer ungewöhnlichen Maßnahme: Sie schmieren die Säuglinge gleich nach dem ersten Schrei mit reichlich Vaginalsekret der Mutter ein. Ob dieses »Vaginal seeding« wirklich dazu taugt, die bakterielle Animpfung einer Normalgeburt zu simulieren, ist derzeit aber noch völlig unklar.

Das Mikrobiom – ein separates Organ

Es ist jedoch absehbar, dass sich dieses Thema zu einem heißen Forschungsfeld entwickeln wird. Denn in Deutschland kommt mittlerweile fast jedes dritte Kind per Kaiserschnitt auf die Welt. Unter Mikrobiologen, und da mache ich keine Ausnahme, ist das Meinungsbild dazu ziemlich eindeutig: Wenn medizinische Gründe nicht wirklich einen Kaiserschnitt erfordern, ist die normale Geburt das Allerbeste.

Derzeit ist aber noch nicht ausgemacht, wie sich der Hype um das Mikrobiom entwickelt. Humane Mikrobiom-Forschung ist eines der großen Themen in der modernen Mikrobiologie, aber auch in der Biologie und Medizin.

Das Mikrobiom wird zu Recht wie ein separates Organ betrachtet, dessen Struktur und Aktivität zu Gesundheit und Erkrankungen des Menschen signifikant beiträgt, wenn auch die tatsächlichen Interaktionswege in vielen Fällen noch kaum nachvollzogen sind. Es gibt heutzutage kaum eine Krankheit, bei der sich das Mikrobiom nicht auch irgendwie

verändert. Mikrobiomtests werden in Zukunft sicher Standard werden, wie Blutuntersuchungen heute schon.

Man muss der Mikrobiomforschung aber wohl noch etwas Zeit für die ganz großen Durchbrüche geben.

Untersuchungen an Mäusen haben den Nachweis erbracht, dass durch die Gabe von Antibiotika während der Schwangerschaft die mikrobielle Artenvielfalt des Mäuseembryos dezimiert wurde, wie nach dem Abwurf einer Strahlenbombe.

Es ist längst bekannt, dass Antibiotika durch unsere Darmflora pflügen, als würde ein Hurrikan durch ein Kornfeld ziehen. Ob »gutes« oder »böses« Bakterium, da macht das Medikament keinen Unterschied. Um sich von einem solchen Kahlschlag zu erholen, braucht unser Bakterienzoo mehrere Monate.

Sollen Schwangere deshalb auf die Einnahme von Antibiotika verzichten, um jede mögliche Schädigung des Säuglings und seines Mikrobioms zu vermeiden? Klares Nein! Natürlich müssen auch hier Risiken abgewogen werden. Bei einer schweren Infektion auf die Gabe von Antibiotika zu verzichten, wäre sicher noch fataler. Aber: Die Erkenntnisse der Mikrobiomforschung unterstreichen, dass Antibiotika sparsam und wohlüberlegt einzusetzen sind. (Mehr dazu in Kapitel 3)

Verbrechensaufklärung durch das Mikrobiom?

Unstreitig ist, dass sich durch etliche Malaisen auch die Zusammensetzung und Aktivität des Mikrobioms verändern. Die wahren Zusammenhänge sind aber oft noch nicht geklärt. Wir haben es hier mit dem klassischen Henne-Ei-Problem zu tun und wissen schlicht nicht, was zuerst da war: die Erkrankung oder die Veränderung des Mikrobioms?

Aber angenommen, das Mikrobiom würde durch seine Zusammensetzung tatsächlich nur auf Krankheiten des Körpers reagieren – wäre das nicht bereits eine gute Nachricht für die medizinische Diagnostik? Sobald wir die Manöver unserer Bakterien besser verstehen, könnten wir daraus womöglich Rückschlüsse auf bestimmte Erkrankungen ziehen. Vielleicht würden wir unser Mikrobiom dann künftig lesen wie ein Blutbild.

Auch andere Anwendungsbereiche versprechen eine faszinierende Perspektive. So gibt es beispielsweise Forensiker, die davon träumen, mithilfe des Mikrobioms Verbrechen aufzuklären. Die Idee dahinter hat durchaus Charme: Das Mikrobiom ist sehr individuell, und Menschen prägen ihre Umgebung damit tatsächlich auf markante Weise. In einem Hotelzimmer wird der mikrobielle Fingerabdruck seines Bewohners beispielsweise bereits nach etwa drei Stunden sichtbar.

Aber wie schon gesagt: Ziemlich viele Faktoren beeinflussen unsere Bakterienbesiedlung, und die bleibt aus diesem Grund eben nicht immer die gleiche – anders als unser tatsächlicher Fingerabdruck. Meines Wissens ist dieses Verfahren deshalb bisher auch ohne praktische Relevanz geblieben. Aber eines muss ich als deutscher Forscher natürlich neidlos anerkennen: In den USA kann man mit so einem Projekt phantastische Fördergelder abgreifen.

Immerhin: Der Versuch, Verbrecher zu überführen, ist ja durchaus lobenswert.

Gesundheitsfanatiker mit Kochbüchern über fragwürdige Mikrobiom-Diäten zu ködern wird diesem Anspruch vielleicht weniger gerecht. Es stimmt ja: Natürlich können wir unserer Darmflora etwas Gutes tun, und unsere »westliche« Ernährungsweise mit zu vielen leeren Kohlenhydraten und zu viel rotem und behandeltem Fleisch trägt dazu mutmaßlich eher nicht bei.

Viel Pflanzliches, Ballaststoffe, Obst und Gemüse, dazu Fisch und Geflügel, so sieht eine gesunde Ernährung aus. Aber das Mikrobiom, dieses rätselhafte Wesen, muss derzeit häufig für ein neues Glücksversprechen herhalten. Nach dem Motto: Sind alle Mikroben in Reih und Glied, werden wir alle glücklich und froh. Von wegen!

Zurück in die Steinzeit? Bloß nicht!

Vor ein paar Jahren entdeckten Forscher die Yanomami. Dieser Stamm von Amazonasindianern lebt wie seine Vorfahren von vor 11 000 Jahren völlig isoliert im Dschungel. Mit der Ruhe war es vorbei, als plötzlich ein Team von US-Mikrobiologen bei ihnen auftauchte. Aber die Wissenschaftler brachten tatsächlich eine Entdeckung mit nach Hause: Die Darmflora der Eingeborenen surrt offenbar wie eine gut geölte Maschine. Und das dank einer Mikrobenvielfalt, die die Welt vorher in einem menschlichen Darm noch nicht gesehen hat.

Essen wie die Yanomami, trinken wie die Yanomami, verdauen wie die Yanomami ... Der Phantasie sind fast keine Grenzen gesetzt, wenn es darum geht, den vermeintlich vorbildlichen Lebensstil der Indianer zu bewerben. Ich bin allerdings nicht der Meinung, dass wir uns alle komplett in die Steinzeit zurückwünschen sollten. Denn obwohl wir uns nicht immer optimal ernähren, liegt die Lebenserwartung in den westlichen Ländern auf einem Allzeithoch. Und ich gehe stark davon aus, dass wir in Sachen Kindersterblichkeit auch nicht mit den Yanomami würden gleichziehen wollen ...

Wissenschaftler kommen manchmal auf komische Ideen. Gott sei Dank, muss man sagen! Denn wenn das Denken nicht regelmäßig seine wohlgeordnete Bahn verlassen würde, gäbe es vermutlich keinen Fortschritt. Es war also ein verwegener Gedanke, dass ausgerechnet der Darm eine Art zweites Gehirn sein sollte. Denn jeder weiß: Dieses Organ ist zum Verdauen, Furzen und Kacken da. Wie wollte man also diese körpereigene Mülldeponie mit unserem höchst anspruchsvollen Denkapparat vergleichen?

Tatsache ist jedoch: Unser Darm enthält mehr Nervenzellen als das Rückgrat. Und immer mehr Forscher vermuten, dass der Verdauungsapparat und das Denkkorgan eine Achse bilden und Informationen austauschen. Dabei kommen wieder unsere Mikroben ins Spiel. Die Funkverbindung zum Gehirn läuft beispielsweise über eine Stimulation von Nerven im Darm, angeregt durch Bakterien oder deren Stoffwechselprodukte. Eine weitere kuriose Entdeckung steht anscheinend in direktem Zusammenhang mit dieser Fähigkeit der Mikroben, das Hirn anzumorsen.

Offenbar ist das Darmmikrobiom von Menschen, die unter Autismus, Depressionen oder etwa Parkinson leiden, ähnlich aus der Form geraten wie ein Blumenbeet, in dem herumgetrampelt wurde.