

Gestatten: Unsere lieben Mitbewohner und Freunde

Keime & Co. Wir werden von Milliarden Mikroben bevölkert. Sie sind wichtig für unser Wohlbefinden. In der Wissenschaft gibt es um sie schon einen regelrechten Hype. Doch wofür sind sie wirklich verantwortlich?



Bild: Cora Anna, Fotolia

Bloß nicht zu oft duschen

Leben auf der Haut Auf unserer Oberfläche tummeln sich zahllose Mikroorganismen. Familienmitglieder haben einen ähnlichen „Keimpool“. Zuviel Hygiene ist für das ausgeklügelte Ökosystem, das einen Schutz darstellt, eher schädlich / Von Angela Stell

Augsburg Landauf, landab herrscht die Meinung vor: Bakterien sind böse. Sie haben den Ruf von hinterhältigen Krankmachern, denen man möglichst radikal den Garaus machen muss. Daher gelten Waschen, Putzen und Desinfizieren als heilhaftige Alltagsbeschäftigungen, ganz nach dem Motto: Je weniger Keime, desto besser. Doch Studien von Allergologen und Umweltmedizinern haben längst ergeben, dass jeglicher Hygienefanatismus schädlich ist. Und das aus mehreren Gründen.

Wer wahllos Körperkeime killt, erwischt dabei auch nützliche – mit unabsehbaren Folgen für das Mikrobiom, also die Gesamtheit aller Bakterien, Viren und Pilze, die in und auf dem Menschen leben. Allein auf der Haut leben Milliarden von Mikroorganismen. Interessant ist für Forscher aber weniger ihre Gesamtzahl als ihre Art. Vereinfacht lässt sich nämlich sagen: Wer viele verschiedene Arten von Keimen beherbergt, ist tendenziell gesünder. So hat man zum Beispiel festgestellt, dass die Haut von Neurodermitikern eine vergleichsweise geringe Keimvielfalt aufweist.

Die Keime sind auf der Haut höchst unterschiedlich verteilt. Auf trockenen Hautarealen, etwa den Unterarmen, findet sich zwar eine kleinere Zahl, dafür aber eine größere Vielfalt an Bakterien als in feuchten, wo die Haut warm, feucht und oder reich an Talg ist. „So lebt in den Achselhöhlen und im Genitalbereich eine hohe Anzahl an Bakte-

rien, aber viele gehören zu den gleichen Stämmen. Ähnlich verhält es sich im talgreichen Gesicht“, erklärt der Dermatologe Professor Cord Sunderkötter von der Universitätsklinik Münster. Artenreichtum herrscht dagegen auf den Handflächen vor: Dort leben bis zu 150 verschiedene Spezies. Besonders viele tummeln sich bei den meisten Menschen auf der rechten Hand, ganz einfach aus dem Grund, weil sie damit – von der Computertastatur über den Müllimer bis zur Gartenschaukel – viel anfassen.

Wie sich das Mikrobiom der Haut zusammensetzt, ist von Mensch zu Mensch verschieden. Eine Rolle spielen unter anderem Alter, Geschlecht, Erbanlagen und Umgebung. Dabei haben Forscher herausgefunden, dass sich die Mikrobiome von Menschen, die länger zusammenleben, angleichen. So gibt es innerhalb einer Familie, die unter einem Dach wohnt, eine gemeinsame Schnittmenge. Noch ausgeprägter sind die Ähnlichkeiten bei Partnern. Auch Haustiere tragen offenbar zum „Keimpool“ der Familie bei. Hundebesitzer beherbergen nämlich viele Hundekette auf ihrer Haut, wie Sebastian Jutz in seinem Buch „Der bewohnte Mensch“ schreibt.

Im Allgemeinen beherbergen Frauen eine größere Artenvielfalt auf ihrer Haut, berichtet er darin. Der Grund sei möglicherweise, dass Männer einen geringeren pH-Wert haben als Frauen. Und das mögen viele Arten nicht. Überhaupt hat der

pH-Wert der Haut, der im Allgemeinen bei um die fünf und damit im leicht sauren Bereich liegt, einen Einfluss auf das Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Bakterienarten: „Klassische Hautbewohner“ wie *Staphylococcus epidermis*, die dazu beitragen, gefährliche Keime zurückzudrängen, fühlen sich in diesem Milieu wohl. Einige andere Mikroben mit krankmachendem Potenzial gedeihen in saurer Umgebung dagegen nicht. Daher sprach man früher vom „Säureschutzmantel“ der

Klassische Seifen sind oft alkalisch und können den pH-Wert der Haut zumindest vorübergehend erhöhen. Vor allem aber können aggressiven Kosmetika mit säuregressiven Zusatzstoffen – wie dem Bakterienhemmer Triclosan – der Haut mittels ihrem Mikrobiom schaden. „Dadurch kann das ausgeklügelte Ökosystem der Haut aus den Fügen geraten, sodass Bakterienarten gedeihen, die man nicht haben will“, erklärt Tabori.

Umgekehrt müssen ungedusste Zeitgenossen nicht die Befürchtung haben, zur Keimkulde zu mutieren: „Selbst ein ungewaschener Mensch, der einen rustikalen Schweißgeruch verbreitet, muss deswegen noch kein erhöhtes Infektionsrisiko darstellen“, betont der Hygiene-Experte.

Für Mikrobiologen sind Hygiene-Muffel sogar ein wertvolles Reservoir für seltene Keime: So untersuchten Forscher der North Caroli-

na State University (USA) Abstriche aus den Bauchnabeln von 60 Testpersonen. Ein Teilnehmer gestand, sich jahrelang nicht gewaschen zu haben. Tatsächlich lieferte er einen ansehnlichen bakteriologischen Beitrag: Bei ihm entdeckten die Forscher gleich zwei Archaen-Arten – das sind Einzeller, die man früher auch Urbakterien nannte. Ob sie ihm irgendwie nützlich sind, ist nicht bekannt.

Klar ist, dass die Mikroorganismen auf der gesunden Haut in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. Dieses Gleichgewicht ist ein wichtiger Schutz vor potenziell gefährlichen Mikroben. Bei einer Reihe von Hautkrankheiten hat man festgestellt, dass dieses System offensichtlich gestört ist. Dazu zählen zum Beispiel Schuppenflechte (Psoriasis), Akne und Rosazea, eine chronische Entzündung der Gesichtshaut. Eine große Rolle spielt ein Ungleichgewicht im Mikrobiom bei Neurodermitis: Die Bakterienart „*Staphylococcus aureus*“ kommt auf der Haut der Betroffenen nämlich viel häufiger vor als bei gesunden Menschen. Bei Neurodermitiskern lösen giftige Ausscheidungen der *Staphylokokken* eine überschießende Immunreaktion aus, wie Professor Claudia Traidl-Hoffmann, Chefarztin der Umweltmedizin am Klinikum Augsburg und Direktorin des Instituts für Umweltmedizin der TU München, erklärt. Das führt zu einer Entzündung, die mit dem typischen quälenden Juckreiz verbunden ist.

Bekämpft man den Keim *Staphylococcus aureus* – etwa durch antibakteriell wirkende Silbertextilien – bessert sich das Hautbild der Neurodermitiker meistens. „Silbertextilien sind durchaus hilfreich“, sagt Traidl-Hoffmann. „Wenn alle Keime reduziert werden, besteht aber die Gefahr, dass auch nützliche dabei sind.“

In einer Pilotstudie verfolgte die Forscherin einen anderen, vielversprechenden Ansatz: Sie behandelte die Haut von Neurodermitikern mit einer speziellen Creme, die „gute“ Hautkeime nährt und dadurch *Staphylococcus aureus* zurückdrängen sollte. Tatsächlich gingen die Entzündungen auf der Haut durch diese Behandlung zurück. „Dazu ist jetzt eine größere Studie geplant“, berichtet die Dermatologin. „Überhaupt will Traidl-Hoffmann das Phänomen Neurodermitis gemeinsam mit anderen Wissenschaftlern im großen Stil erforschen: Zusammen mit der Kühne-Stiftung arbeiten Experten aus Augsburg, München, Davos, Zürich und St. Gallen an einem neuen Neurodermitis-Register. Die große angelegte Datenbank soll helfen, die Krankheit besser zu verstehen und Therapien für verschiedene Verlaufsfornen zu entwickeln. Auch aus den Mikrobiomen der Teilnehmer erhoffen sich die Forscher dabei Rückschlüsse auf die verschiedenen Neurodermitis-Formen. Patienten können sich dafür ab sofort im Klinikum Augsburg registrieren lassen, heißt es.



Bild: Cora Anna, Fotolia

Sie mischen überall mit

Darmbakterien Früher dachte man, die Keime in unserem Verdauungstrakt seien nur eine träge Masse. Aber von wegen. Sie spielen vermutlich eine Rolle bei vielen Erkrankungen, auch wenn man noch nicht genau weiß, wie sie das tun, sagt ein Experte / Von Sibylle Hübner-Schroll

Herr Professor Haller, wie würden Sie die Bakteriengemeinschaft (das Mikrobiom) im Darm charakterisieren? **Dirk Haller:** Fakt Nummer eins ist: Der Darm ist eins der dichtestbesiedelten Habitate überhaupt, so etwas findet man nirgends draußen in der Welt. Fakt Nummer zwei: Vor allem der Dickdarm ist dicht besiedelt. Und Fakt Nummer drei: Jeder hat zwar ein sehr individuelles Keimspektrum, aber es gibt zwischen den Mikrobiomen der Menschen auch viele Gemeinsamkeiten. Wir betreiben derzeit viel Aufwand, die Bakteriengemeinschaft im Darm zu beschreiben, aber wir müssen realisieren, dass wir vieles noch gar nicht kennen und dass wir auch noch nicht genau wissen, was die Bakterien im Darm tun.

Sie haben schon angesprochen, dass jeder ein individuelles Mikrobiom hat – wo liegen die Gemeinsamkeiten? **Haller:** Zwei dominante Gruppen, die Firmicutes und die Bacteroidetes, gibt es bei uns allen. Aber das ist ähnlich, wie wenn man mit dem Teleskop ins Weltall schaut und zwei Sternhaufen sieht und dann sagt: Da sind zwei Galaxien! In denen befinden sich aber sehr viele unterschiedliche Sterne. So ist es auch bei diesen beiden Keimgruppen, da muss man also weiter differenzieren.

Kann man Menschen anhand ihres Mikrobioms tatsächlich in unterschiedliche „Enterotypen“ einteilen? **Haller:** Ja, das ist eine Hypothese. Solche Enterotypen gibt es, aber die Einteilung funktioniert nur bedingt. Viele Menschen sind irgendwo mittendrin, sie lassen sich nicht eindeutig zuordnen. Es gibt viel mehr Abstufungen, als man gerne hätte.

Sind denn zumindest die Mikrobiome von Vegetariern und Fleischessern unterschiedlich? **Haller:** Ja. Pflanzliche oder fleischbasierte Kost hinterlässt jeweils einen „Fingerabdruck“ im Mikrobiom, weil pflanzliche Nahrung im Darm eher fermentiert wird und es bei eiweißreicher tierischer Nahrung mehr Proteolyse, also Eiweißabbau,

gibt. Dann findet man jeweils bestimmte Bakterien in höherer Konzentration.

Wie groß ist der Einfluss der Darmbewohner auf unsere Gesundheit? Gibt es Krankheiten, die von ihnen besonders stark beeinflusst werden? **Haller:** Das ist eine wirklich spannende Frage. Vor 15 Jahren hätte man noch behauptet, dass die Bakterien eine träge Masse sind, die überhaupt nichts tut. Das ist inzwischen komplett überholt. Jetzt schwingt das Pendel auf die andere Seite – es gibt kaum mehr eine chronische Erkrankung, die keine Veränderung im Darmmikrobiom zeigt. Wobei die Frage nach der Kausalität wichtig ist: Ist das veränderte Mikrobiom die Ursache für die Krankheit oder ist es umgekehrt? Da wird heute alles diskutiert vom Autismus bis zu chronisch entzündlichen Darmerkrankungen (CED). Während man für manches noch kaum Daten hat, weiß man bei den CED schon, dass die Bakterien in der Entstehung der Krankheiten eine besondere Rolle spielen. Wahrscheinlich ist es auch so beim Dickdarmkrebs. Hinweise auf Zusammenhänge gibt es zudem bei Herz-Kreislauf-Leiden oder Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes, auch wenn man derzeit noch nicht erklären kann, wie das funktionieren soll. Klassischerweise haben Bakterien auch viel mit dem Im-

munsystem zu tun, weil es Bakterien erkennt und versucht, sich gegen sie zu wehren. Deshalb würde ich sagen, dass bei Erkrankungen, die mit dem Immunsystem zu tun haben, die Chance groß ist, dass Bakterien eine wichtige Rolle spielen. Bei Stoffwechselerkrankungen dagegen gibt es noch viele Fragezeichen.

her sage von Erkrankungen anhand des Mikrobioms ist noch absolut unmöglich im Moment.

Aber grundsätzlich ist eine große Bakterienvielfalt wichtig? **Haller:** Ja, das sieht man an Darminfektionen mit dem Keim *Clostridium difficile*, die oft bei Patienten nach Antibiotika-Behandlung auftreten. Die Antibiotika reißen zuforsagen ein Loch in die natürliche Darmbesiedlung, in dem sich dann die krankmachenden Keime ausbreiten können. Wären diese Nischen besetzt, hätte der Infektionserreger größere Schwierigkeiten. Eine Behandlung mit einer Stuhltransplantation funktioniert bei diesen Patienten wunderbar, besser als mit Medikamenten. Die Stuhltransplantation bedeutet, dass die Reichhaltigkeit des Darmmikrobioms wiederhergestellt wird. Ein reichhaltiges, vielfältiges Mikrobiom ist wahrscheinlich stabiler.

Wie viele unterschiedliche Bakterien beherbergen wir denn, weiß man das? **Haller:** Nicht genau. Man schätzt, dass es um die 1500 Spezies sind. Aber da ist immer noch Luft nach oben. Diese 1500 unterschiedlichen Spezies repräsentieren alle Spezies, die man bisher bei Sequenzierungen der Mikrobiome gefunden hat. Bei jedem Einzelnen sind es etwa 150 bis 200 verschiedene Spezies.

Das individuelle Mikrobiom gilt als relativ stabil. Wird man es trotzdem gezielt verändern können? **Haller:** Darauf, ob wir irgendwann komplexe Darm-Ökosysteme anschauen werden und sagen können, was sie tun? Werden wir sagen können, es wird spezifisch sind für bestimmte Erkrankungen wie beispielsweise Dickdarmkrebs? Und werden wir wissen, wie die Ökosysteme mit uns kommunizieren?

Worauf sind Sie besonders gespannt? **Haller:** Darauf, ob wir irgendwann komplexe Darm-Ökosysteme anschauen werden und sagen können, was sie tun? Werden wir sagen können, es wird spezifisch sind für bestimmte Erkrankungen wie beispielsweise Dickdarmkrebs? Und werden wir wissen, wie die Ökosysteme mit uns kommunizieren?



Professor Dirk Haller ist Mikrobiomforscher am Wissenschaftszentrum Weihenstephan der Technischen Universität München.

Achtung, Frühgeburt droht!

Vaginalflora Mikroorganismen in der Scheide der Mutter spielen eine wichtige Rolle fürs Kind. Das zeigt sich auch nach einem Kaiserschnitt

Wuppertal Auch in der Vagina halten „gute“ Bakterien, nämlich Laktobazillen, andere Bakterienarten in Schach. Wenn das Gleichgewicht gestört ist und sich bestimmte Stämme von „*Gardnerella vaginalis*“ stark vermehren, spricht man von einer „bakteriellen Vaginose“. Arg Beschwerden macht sie in der Regel nicht. Gefährlicht ist die bakterielle Vaginose aus einem anderen Grund: Bei Schwangeren erhöht sich dadurch das Risiko für eine Frühgeburt deutlich.

Das ist insofern bedenklich, da die Störung sehr häufig ist. Nach Angaben des Wuppertaler Gynäkologen Professor Werner Mendling, Experte für Infektionen in der Frauenheilkunde, hat etwa jede fünfte

Frau im fortpflanzungsfähigen Alter eine bakterielle Vaginose. Er empfiehlt Schwangeren daher, den pH-Wert der Scheide mit Messstäbchen, wie sie in der Apotheke erhältlich sind, einmal pro Woche zu kontrollieren. Liegt der Wert über 4,4, sollen die Frauen ihren Gynäkologen kontaktieren, um sich gegebenenfalls behandeln zu lassen. „Bei einer Studie mit 8000 Frauen in Thüringen kam es dadurch zu signifikant weniger Frühgeburten“, sagt Mendling.

Das Milieu in der Vagina ist mit einem pH-Wert zwischen 3,8 und 4,4 vergleichsweise sauer. Das liegt an der Milchsäure, die von den Laktobazillen produziert wird. Auch in einer gesunden Scheidenflora findet sich eine bunte Mischung aus Mikroorganismen aller Art – etwa Darmkeime, *Candida*-Pilze und *Staphylokokken*. Ihre Gegenspieler, die Laktobazillen, verhindern aber, dass sie überhand nehmen. „Dass in der Vagina Darmkeime vorkommen, ist normal“, erklärt Mendling. Besorgniserregend sei nur ein erhöhter pH-Wert. Dann solle ein Frauenarzt das Vaginalsekret mikroskopisch untersuchen: Lassen sich darin keine Laktobazillen erkennen, ist die Scheidenflora gestört, wie Mendling sagt. Um die Scheidenflora zu schützen, sollten Frauen keine Intimdesos und Waschele mit aggressiven Substanzen benutzen. Es reicht, den Intimbereich einmal täglich mit

warmem Wasser zu reinigen. Zusätzlich kann man Waschlotionen oder Syndets mit niedrigem pH-Wert verwenden. Und noch ein Tipp: Wer schwanger werden möchte, sollte die Vaginalflora vorsorglich vom Frauenarzt untersuchen lassen.

Optimal ist es nämlich, wenn eine bakterielle Vaginose schon vor der Schwangerschaft behandelt wird, betont Mendling. Daneben ist übrigens auch ein Zahnarztbesuch empfehlenswert: Auch eine Zahnfleischentzündung (Parodontitis) erhöht das Risiko für Frühgeburten. Daher ist eine frühzeitige Therapie hier ebenfalls ratsam. Aber zurück zur Vagina. Von einer gesunden Scheidenflora der Mutter profitiert auch das Baby. Während das Kind den Geburtskanal passiert, kommt es nämlich mit dem natürlichen Darm- und Vaginalmikrobiom der Mutter in Berührung und wird dadurch sozusagen eingepflegt. Die Keime besiedeln Haut und Darm des Babys und spielen eine wichtige Rolle beim Aufbau seines Immunsystems. Bei Kaiserschnitt-Kindern überwiegen dagegen Hautbakterien im Mikrobiom. Möglicherweise sind sie dadurch im Nachteil: Studien zufolge ist bei Sectio-Babys nämlich das Risiko für Allergien, Asthma, Diabetes und weitere Krankheiten deutlich erhöht. Ob das tatsächlich daran liegt, dass sie nicht mit der Vaginalflora der Mutter in Berüh-

rung kamen, ist derzeit aber noch unklar.

Trotzdem fragen sich auch in Deutschland immer mehr Eltern, ob ein „vaginal seeding“, wie es bereits in den USA praktiziert wird, sinnvoll ist. Dabei werden nach einer Kaiserschnitt-Entbindung Vaginaleme der Mutter auf der Haut des Säuglings „gesät“.

„Auf jeder zweiten Informationsveranstaltung für die Geburt stellen Schwanger die Frage nach dem Geburtskeimen“, sagt Professor Frank Louwen, Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe. Welchen Nutzen und Risiken die Methode habe, müsse aber erst in Studien geprüft werden. Angela Stell

Das Darmmikrobiom – wer unseren Verdauungstrakt bewohnt

Von Darmflora war früher die Rede, heute wird die Vielfalt unserer Darmbewohner „Darmmikrobiom“ oder auch „Darmmikrobiota“ genannt. Sie bietet reichlich Anlass zum Staunen:

● Ökosystem Der Darm beherbergt Billionen Bakterien – mehr, als unser Körper Zellen hat. In jedem Gramm Darminhalt leben mehr Mikroben als Menschen auf der Erde. Das Mikrobiom stellt ein riesiges Ökosystem innerhalb des Körpers dar. Die meisten Mikroben leben im Dickdarm.

● Genetische Vielfalt Das Mikrobiom im Verdauungstrakt umfasst hundert mal mehr Gene, als der menschliche Körper hat. Die Gesamtheit dieser Gene wird „Metagenom“ genannt. Die Entschlüsselung des Mikrobiom-Metagenoms ist eine der großen Aufgaben der Genetik.

nom-Projekt vergleichbare internationale Anstrengung.

● Superorgan Als Superorgan wird das Mikrobiom von Forschern oft bezeichnet. Es ist wichtig nicht nur für die Darmgesundheit, sondern zum Beispiel auch für ein optimales funktionierendes Immunsystem. Und sogar für die Gesundheit unseres Gehirns: So wird untersucht, welche Auswirkungen das Darmmikrobiom auf Gehirnfunktionen hat. Laut Deutscher Gesellschaft für Neurologie wird ein Zusammenhang zwischen Darmmikrobiom und zahlreichen Erkrankungen des Zentral-

nervensystems wie Alzheimer, Multiple Sklerose oder Schlaganfall vermutet. Es wird zudem angenommen, dass auch Übergewicht oder Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes vom Darmmikrobiom beeinflusst werden.

● Besiedlung Die Darmmikrobiota des Menschen entwickelt sich in den ersten Lebensjahren, informiert die DGMM (Deutsche Gesellschaft für Molekulare Immunologie und Mikrobiom). Der Verdauungstrakt des Ungeborenen ist demnach im Mutterleib steril (keimfrei), die bakterielle Besiedlung beginnt bei der Geburt. Einen besonder-

ren Einfluss auf die Besiedlung hat die Nahrung, heißt es. Ob ein Kind gestillt oder mit Flaschenahrung gefüttert wird, lässt sich an der Darmmikrobiota erkennen. Der Darm gestillter Kinder wird hauptsächlich von milchsäureproduzierenden Bakterien bevölkert, die zu einem sauren Darmlumino führen, in dem sich Krankheitserreger schlecht ansiedeln können.

● Enterotypen Laut DGMM lassen sich beim Menschen drei Enterotypen (Darmtypen) erkennen: der Bacteroides-, der Prevotella- und der Ruminokokken-dominierte Typ. Die unterschiedlichen Bakterien haben spezifische Eigenschaften und Fähigkeiten. Bakterien der Gattung *Bacteroides* etwa können vor allem die Vitamine C, B2, Pantothensäure und Biotin herstellen. Prevotella dagegen überwie-

gend Vitamin B1 und Folsäure.

● Probiotika Probiotika (Zubereitungen mit lebensfähigen Mikroorganismen wie etwa *Bifidobakterien* oder



Der Darminhalt kommuniziert mit unserem Gehirn